

Grado Universitario en Ingeniería en Tecnologías  
Industriales  
2017-2018

*Trabajo Fin de Grado*

# “SIMULACIÓN ANUAL DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN BASADO EN ENERGÍAS RENOVABLES”

---

Silvia Andueza Martínez

Tutor

Antonio Soria Verdugo

Leganés, 2018



*[Incluir en el caso del interés de su publicación en el archivo abierto]*

Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**



## RESUMEN

En este proyecto se va a calcular y diseñar una instalación solar térmica para cubrir la demanda de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria de una vivienda unifamiliar situada en Estella.

A lo largo de la memoria se van a realizar los cálculos necesarios para satisfacer la demanda y alcanzar el confort, entre los cuales se encuentran el cálculo de cargas térmicas y la demanda de agua caliente sanitaria. Además se dimensionará la instalación para saber el número de colectores requeridos.

A continuación se realizará un estudio del impacto ambiental, atendiendo a las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, y un estudio económico para valorar el coste inicial y el ahorro energético.

Por último, se concluirá si es viable la implantación de esta instalación y se comentará alguna posible mejora que reduzca el coste y las emisiones.

**Palabras clave:** instalación solar, cargas térmicas, colectores, Código Técnico de la Edificación, agua caliente sanitaria.



## ABSTRACT

In this project a solar thermal system will be calculated and designed to cover the heating, the refrigeration as well as the domestic hot water demand of a house located in Estella.

Throughout this report, all the calculations required will be done in order to satisfy the demand and reach comfort. Furthermore, it will be determined the number of solar thermal collectors we are going to need.

Then, an environmental impact study will be carried out to know the emissions of CO<sub>2</sub> released into the atmosphere. We will present an economic study to estimate the price of the installation and the energetic saving.

Finally, it will be decided the solar thermal system implementation's viability. Moreover, some possible improvement will be mentioned.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN .....	1
<b>1.1. Motivación.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Objetivos y metodología.....</b>	<b>1</b>
2. LA ENERGÍA.....	3
<b>2.1. Situación energética actual .....</b>	<b>3</b>
2.1.1. Consumo mundial .....	3
2.1.2. Consumo español.....	4
<b>2.2. Energías renovables en españa .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3. Energía solar térmica .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4. Impacto ambiental de la energía .....</b>	<b>7</b>
3. DATOS DE PARTIDA .....	9
<b>3.1. Descripción de la vivienda .....</b>	<b>9</b>
<b>3.2. Planos .....</b>	<b>10</b>
4. ENTORNO DEL PROYECTO .....	12
<b>4.1. Ubicación .....</b>	<b>12</b>
<b>4.2. Zona climática .....</b>	<b>12</b>
<b>4.3. Radiación solar .....</b>	<b>13</b>
<b>4.4. Datos climatológicos .....</b>	<b>14</b>
5. CARGAS TÉRMICAS .....	16
<b>5.1. Cargas de calefacción .....</b>	<b>16</b>
5.1.1. Condiciones de diseño .....	16
5.1.2. Coeficientes globales de transmisión de calor .....	16
5.1.3. Cálculo cargas térmicas.....	21
<b>5.2. Cargas térmicas de refrigeración .....</b>	<b>34</b>
5.2.1. Condiciones de diseño .....	34
5.2.2. Coeficientes globales de transmisión de calor .....	34
5.2.3. Cálculo cargas térmicas.....	37
6. AGUA CALIENTE SANITARIA.....	47
<b>6.1. Cálculo de la demanda diaria de acs .....</b>	<b>47</b>
<b>6.2. Contribución solar mínima.....</b>	<b>48</b>
7. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN.....	51
<b>7.1. Dimensionado del número de colectores para acs .....</b>	<b>51</b>
<b>7.2. Dimensionado del número de colectores para calefacción y refrigeración .....</b>	<b>57</b>

<b>7.3. Dimensionado acs y climatización .....</b>	<b>62</b>
<b>8. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>63</b>
<b>8.1. Agua caliente sanitaria .....</b>	<b>63</b>
<b>8.2. Calefacción.....</b>	<b>63</b>
<b>8.3. Refrigeración .....</b>	<b>63</b>
<b>8.4. Sistema auxiliar .....</b>	<b>64</b>
<b>9. IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>65</b>
<b>9.1. Impacto ambiental para acs .....</b>	<b>65</b>
<b>9.2. Impacto ambiental para climatización.....</b>	<b>66</b>
<b>10. ANÁLISIS ECONÓMICO.....</b>	<b>68</b>
<b>11. CONCLUSIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>74</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Mapa zonas climáticas .....	12
Ilustración 2: Transmitancias límites zona climática D1 .....	18
Ilustración 3: Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2K/W$ .....	18
Ilustración 4: Características ventana EcovenPlus S70 .....	21
Ilustración 5: Transmitancias límites zona climática D1 .....	35
Ilustración 6: Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2K/W$ .....	35
Gráfico 2.1: Evolución del consumo de energía primaria del mundo .....	3
Gráfico 2.2: Consumo de energía primaria en el mundo .....	4
Gráfico 2.3: Evolución del consumo de energía primaria en España .....	4
Gráfico 2.4: Consumo energía primaria en España en 2015.....	5
Gráfico 2.5: Consumo energía final 2015.....	5
Gráfico 2.6: Producción energías renovables en España en 2015 .....	6
Gráfico 2.7: Evolución de las emisiones de CO <sub>2</sub> por zonas geográficas .....	8
Gráfico 4.1: Temperaturas medias .....	14
Gráfico 4.2: Humedad relativa media.....	15
Gráfico 4.3: Radiación .....	15
Gráfico 6.1: Demanda de ACS.....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Superficies de la vivienda .....	9
Tabla 4-1: Zona climática Estella .....	13
Tabla 4-2: Radiación solar global .....	13
Tabla 4-3: Datos climatológicos Estella.....	14
Tabla 5-1: Zonas climáticas península ibérica .....	17
Tabla 5-2: Resistencias térmicas muro exterior.....	19
Tabla 5-3: Resistencias térmicas cubierta .....	19
Tabla 5-4: Resistencias térmicas pavimento cerámico .....	20
Tabla 5-5: Resistencias térmicas parquet .....	20
Tabla 5-6: Pérdidas mensuales transmisión en el muro .....	22
Tabla 5-7: Pérdidas mensuales transmisión en el muro.....	22
Tabla 5-8: Pérdidas mensuales transmisión en la cubierta.....	22
Tabla 5-9: Pérdidas mensuales transmisión en la cubierta.....	23
Tabla 5-10: Pérdidas mensuales transmisión en el suelo en contacto con terreno.....	23
Tabla 5-11: Pérdidas mensuales transmisión en el suelo en contacto con terreno.....	23
Tabla 5-12: Pérdidas mensuales transmisión en el suelo en contacto con el aire exterior .....	24
Tabla 5-13: Pérdidas mensuales transmisión en el suelo en contacto con el aire exterior .....	24
Tabla 5-14: Pérdidas mensuales transmisión en el suelo.....	24
Tabla 5-15: Pérdidas mensuales transmisión en las ventanas .....	25
Tabla 5-16: Pérdidas mensuales transmisión en las ventanas .....	25
Tabla 5-17: Pérdidas mensuales transmisión en las puertas .....	25
Tabla 5-18: Pérdidas mensuales transmisión en las puertas .....	26
Tabla 5-19: Pérdidas mensuales transmisión total .....	26
Tabla 5-20: Caudales mínimos exigidos para ventilación en locales habitables.....	27
Tabla 5-21: Pérdidas ventilación sensible .....	28
Tabla 5-22: Pérdidas ventilación sensible .....	28
Tabla 5-23: Pérdidas ventilación latente .....	29
Tabla 5-24: Pérdidas ventilación latente .....	29
Tabla 5-25: Pérdidas ventilación latente .....	30
Tabla 5-26: Pérdidas ventilación total.....	30
Tabla 5-27: Pérdidas infiltración sensible .....	31
Tabla 5-28: Pérdidas infiltración sensible .....	31

Tabla 5-29: Pérdidas infiltración latente .....	32
Tabla 5-30: Pérdidas infiltración latente .....	32
Tabla 5-31: Pérdidas infiltración latente .....	33
Tabla 5-32: Pérdidas infiltración total .....	33
Tabla 5-33: Carga térmica de calefacción .....	34
Tabla 5-34: Resistencias térmicas de la cubierta .....	36
Tabla 5-35: Resistencias térmicas del parquet .....	37
Tabla 5-36: Pérdidas mensuales de transmisión en el muro .....	38
Tabla 5-37: Pérdidas mensuales de transmisión en el muro .....	38
Tabla 5-38: Pérdidas mensuales de transmisión en la cubierta .....	38
Tabla 5-39: Pérdidas mensuales de transmisión en la cubierta .....	38
Tabla 5-40: Pérdidas mensuales de transmisión en el suelo .....	39
Tabla 5-41: Pérdidas mensuales de transmisión en el suelo .....	39
Tabla 5-42: Pérdidas mensuales de transmisión en las ventanas .....	39
Tabla 5-43: Pérdidas mensuales de transmisión en las ventanas .....	39
Tabla 5-44: Pérdidas mensuales transmisión en las puertas .....	40
Tabla 5-45: Pérdidas mensuales transmisión en las puertas .....	40
Tabla 5-46: Pérdidas de transmisión total .....	40
Tabla 5-47: Pérdidas por ventilación sensible .....	40
Tabla 5-48: Pérdidas por ventilación sensible .....	41
Tabla 5-49: Pérdidas ventilación latente .....	41
Tabla 5-50: Pérdidas ventilación latente .....	41
Tabla 5-51: Pérdidas ventilación latente .....	42
Tabla 5-52: Pérdidas ventilación total .....	42
Tabla 5-53: Pérdidas infiltración sensible .....	42
Tabla 5-54: Pérdidas infiltración sensible .....	43
Tabla 5-55: Pérdidas infiltración latente .....	43
Tabla 5-56: Pérdidas infiltración latente .....	43
Tabla 5-57: Pérdidas infiltración latente .....	43
Tabla 5-58: Pérdidas infiltración total .....	44
Tabla 5-59: Pérdidas por radiación .....	44
Tabla 5-60: Pérdidas por equipos .....	45
Tabla 5-61: Carga térmica de refrigeración .....	45
Tabla 5-62: Cargas totales climatización .....	46

Tabla 6-1: Demandas de referencia a 60 °C .....	47
Tabla 6-2: Estimación del número de personas por dormitorio en la vivienda .....	48
Tabla 6-3: Contribución solar mínima en %.....	48
Tabla 6-4: Demanda de ACS.....	49
Tabla 7-1: Carga calorífica ACS .....	52
Tabla 7-2: Radiación incidente .....	52
Tabla 7-3: Energía absorbida ACS .....	53
Tabla 7-4: Determinación del parámetro D1 para ACS.....	53
Tabla 7-5: Energía perdida ACS .....	55
Tabla 7-6: Determinación del parámetro D2 para ACS.....	55
Tabla 7-7: Fracción solar aportada por la instalación .....	55
Tabla 7-8: Aporte solar mensual .....	56
Tabla 7-9: Carga calorífica climatización .....	57
Tabla 7-10: Energía absorbida climatización .....	58
Tabla 7-11: Determinación del parámetro D1 para climatización .....	58
Tabla 7-12: Energía perdida climatización.....	60
Tabla 7-13: Determinación del parámetro D2 para climatización .....	60
Tabla 7-14: Fracción solar aportada por la instalación .....	61
Tabla 7-15: Aporte solar mensual .....	61
Tabla 9-1: Relación de potencias para ACS .....	65
Tabla 9-2: Emisiones de CO <sub>2</sub> en la combustión.....	65
Tabla 9-3: Relación de potencias para climatización .....	66
Tabla 10-1: Presupuesto instalación solar .....	68
Tabla 10-2: Potencia cubierta instalación solar para ACS.....	69
Tabla 10-3: Tarifas kWh gas natural .....	69
Tabla 10-4: Potencia cubierta instalación solar para climatización .....	70
Tabla 10-5: cubierta por la caldera .....	70



# 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1. MOTIVACIÓN

A día de hoy, el empleo de las energías renovables es ineludible debido a que son un factor importante en el plan energético, evitando así los impactos al medio ambiente y el agotamiento de los combustibles fósiles.

Gracias a las exigencias básicas de ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación (CTE) y el Plan de Activación Nacional de Energías Renovables (PANER), del cual se hablará más adelante, es posible el ahorro de energía, incrementando la eficiencia y evitando el derroche de energía.

Tanto el PANER a nivel nacional, como el protocolo Kioto a nivel global, son iniciativas que se están llevando a cabo para reducir la contaminación mundial y concienciar al mundo de la necesidad de cuidar el medio ambiente.

Estos planes e iniciativas son necesarios debido al gran aumento de la intensidad energética de los últimos años. Por ello, reducir la demanda energética de las viviendas sin renunciar al confort o hacer uso de las energías renovables, son uno de los retos para conseguir un futuro sostenible.

La principal motivación de realizar este proyecto es conseguir la climatización y el ACS mediante una tecnología que responde a las necesidades y el confort de la sociedad, el uso de las energías renovables, favoreciendo el ahorro energético y la reducción de emisiones contaminantes. La energía renovable que se ha escogido es la energía solar térmica que cubrirá las demandas térmicas de la vivienda.

## 1.2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo de este proyecto es realizar el diseño de una instalación solar térmica para la climatización y suministro de agua caliente sanitaria de una vivienda unifamiliar situada en Estella, estudiando los beneficios y ventajas que nos puede aportar en el ámbito ambiental y económico.

Vamos a realizar un diseño que permita mantener en funcionamiento la instalación todo el año para cubrir la demanda energética y conseguir alcanzar el confort.

A lo largo de la memoria se van a dimensionar los componentes necesarios para el proyecto. Para ello, primero vamos a necesitar los datos meteorológicos y zona climática de la ciudad donde se sitúe la vivienda, así como las características de la envolvente de la misma. A continuación, se realizará el estudio de cargas térmicas, tanto de calefacción como de refrigeración, y la cuantificación de la demanda de ACS. A partir de estos datos podremos calcular el número de colectores necesarios y obtener la cobertura solar anual. Además, como se ha comentado anteriormente, se estudiará el impacto ambiental para conocer el ahorro energético y el impacto económico para conocer su magnitud y viabilidad.

Para todos los cálculos que se van a realizar en el proyecto, vamos a hacer uso de los datos oficiales que nos ofrece la normativa vigente, que en este caso se trata del Código Técnico de la Edificación (CTE), el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y documentos del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE).

## 2. LA ENERGÍA

La energía es la capacidad que posee un cuerpo para realizar una acción o trabajo a causa de su constitución, de su posición o de su movimiento. Es una magnitud que en el Sistema Internacional se mide en julios (J). Se consideran diversas formas de energía pero según su aprovechamiento las podemos dividir en dos grupos, energías renovables y energías no renovables.

### 2.1. SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL

#### 2.1.1. CONSUMO MUNDIAL

En la actualidad el consumo de energía primaria mundial es mucho mayor que el de hace apenas 40 años. El aumento de la población y el nivel de vida han provocado este aumento global.

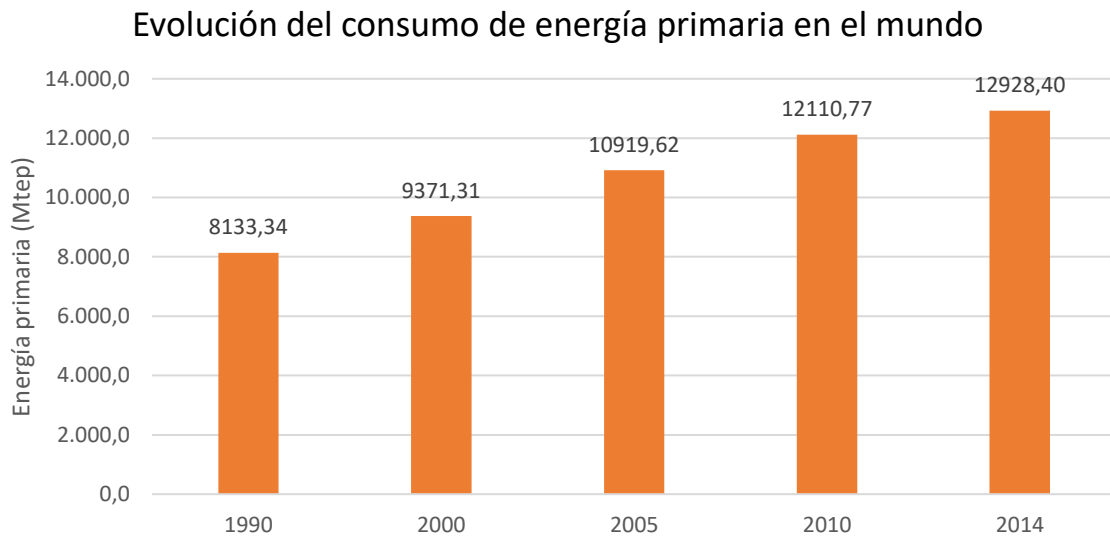


Gráfico 2.1 Evolución del consumo de energía primaria en el mundo



Más de un 80% de la energía mundial consumida proviene del petróleo, el gas y el carbón dejando el resto a otras fuentes como la nuclear, hidroeléctricas o renovables. En el año 2014 la energía consumida alcanzó los 12.928 Mtep (millones de toneladas equivalente de petróleo).

Consumo energía primaria en el mundo  
TOTAL: 12.928 Mtep

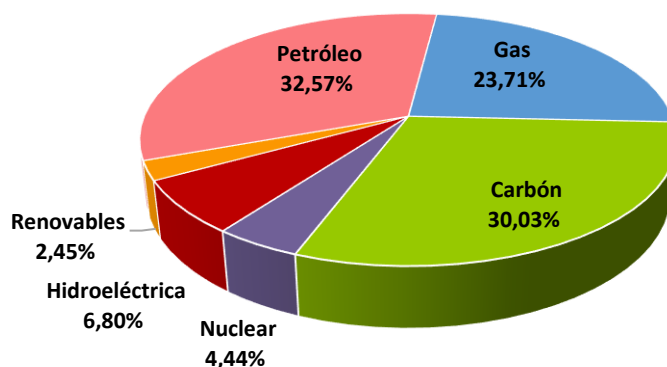


Gráfico 2.2 Consumo de energía primaria en el mundo

Los mayores consumos de energía se dan en China, en Estados Unidos y en la Unión Europea, cubriendo un 60% del consumo mundial. Existe una gran desigualdad en cuanto a la distribución del consumo energético. Hoy en día, alrededor del 30% de la población mundial usa el 90% de la energía.

### 2.1.2. CONSUMO ESPAÑOL

Centrándonos en el consumo energético español, podemos decir que éste ha aumentado en más del doble. En el siguiente gráfico se puede observar la evolución con el paso de los años.

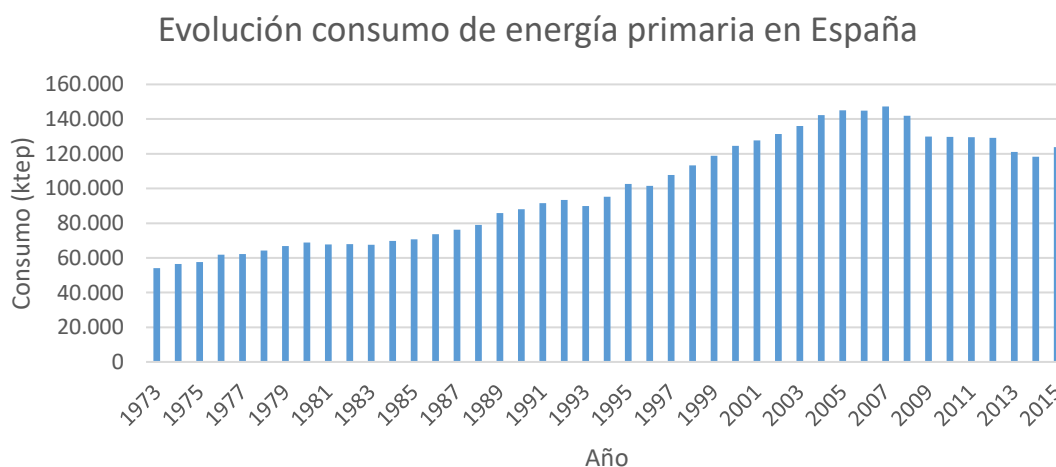


Gráfico 2.3 Evolución consumo de energía primaria en España

La energía consumida proviene de diferentes fuentes pero el mayor porcentaje de ella proviene del petróleo, gas natural y carbón. Por ello, España posee gran dependencia energética, aunque ésta va disminuyendo con el paso de los años por el incremento de la participación de las energías renovables que en 2015 ocupaban un 12% del consumo.

#### Consumo energía primaria en España en 2015

TOTAL: 123.867 ktep

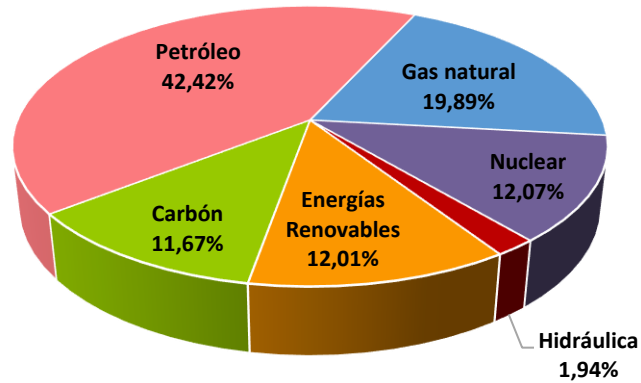


Gráfico 2.4 Consumo energía primaria en España en 2015

En ese mismo año, en 2015, el consumo de energía final, aquella que consumimos y que proviene de la transformación de la energía primaria, en España fue de 83.966 ktep (kilotoneladas equivalentes de petróleo) de las cuales únicamente 5.302 ktep procedían de energías renovables. En el gráfico se observa la contribución de las distintas fuentes de energía.

#### Consumo energía final 2015

TOTAL: 83.966 ktep

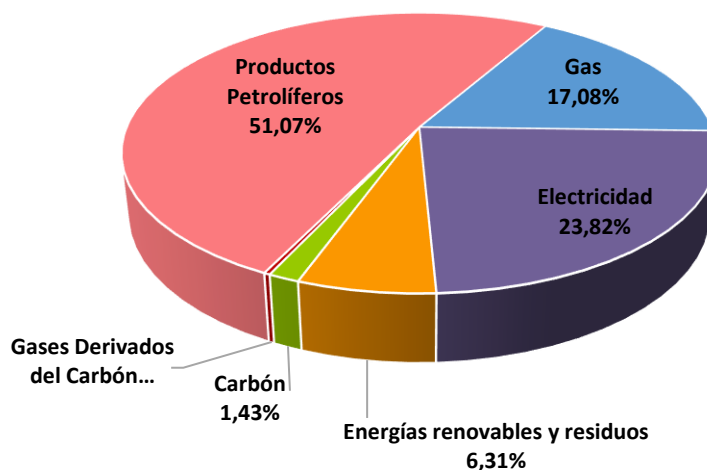


Gráfico 2.5 Consumo energía final 2015

El consumo de productos petrolíferos en 2015 fue bastante importante lo cual indica la necesidad de intentar sustituir esta fuente por renovables.

## 2.2. ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA

La energía renovable es aquella que utiliza los recursos inagotables de la naturaleza como puede ser la biomasa, la radiación solar o el viento. Son recursos limpios que no emiten gases de efecto invernadero pero tienen una gran desventaja ya que su producción no es continua y depende de las condiciones climáticas.

A pesar de ello, las renovables cada vez tienen un papel más importante debido al coste de los combustibles fósiles así como sus impedimentos para su explotación y su agotamiento. En la actualidad, los recursos renovables cubren apenas un 6 % del consumo de energía final en España, siendo la cuarta fuente de distribución.

La producción de energía mediante renovables ha aumentado al igual que el consumo de las mismas. En 1990 la producción era de 5983 ktep frente al de 2015 de 17243 ktep.

### Producción energías renovables en España en 2015

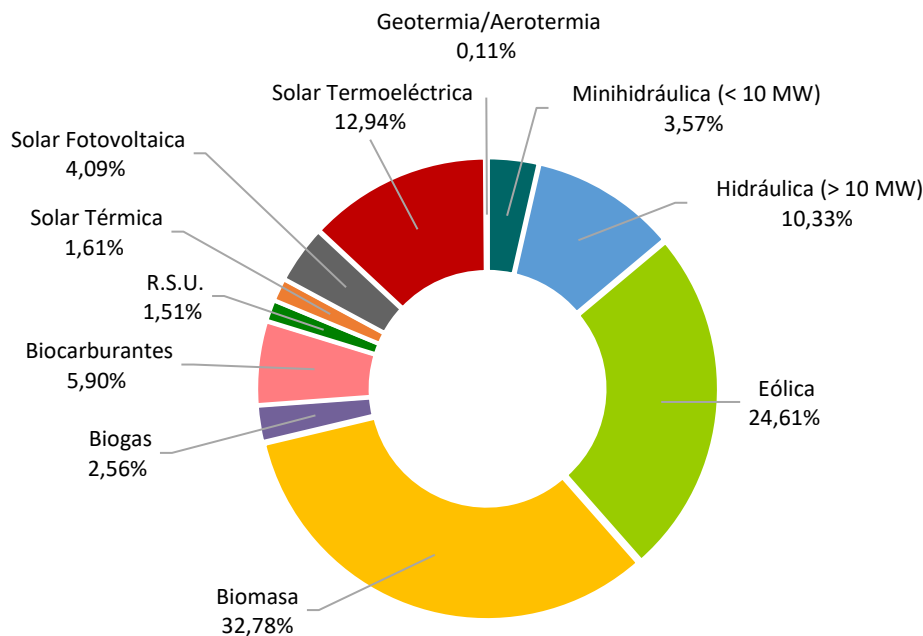


Gráfico 2.6 Producción energías renovables en España en 2015

En el gráfico se puede observar que las energías renovables más relevantes en España son la biomasa, la energía eólica y la energía solar.

## 2.3. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

La energía solar térmica aprovecha la energía procedente del sol para generar calor y ser posteriormente utilizado en distintas aplicaciones industriales, domésticas, etc. Este tipo de energía está jugando un papel importante dentro de las energías renovables y las instalaciones de energía solar térmica cada vez son mayores.

España es un país privilegiado ya que debido a su ubicación cuenta con gran radiación solar, por ello, la eficiencia energética del edificio se ve mejorada gracias a las grandes posibilidades de la energía solar térmica.

Desde hace unos años, el número de instalaciones de energía solar térmica se ha visto incrementado debido a una mayor preocupación social y política por temas medioambientales y a una disminución del coste de los sistemas solares térmicos.

El Plan de Activación Nacional de Energía Renovables (PANER), tiene como objetivo lograr para el año 2020 que un 20% del consumo final bruto en España proceda del aprovechamiento de energías renovables. Este objetivo va a ser difícil de alcanzar ya que eso significaría una instalación de al menos 10 millones de metros cuadrados de solar térmica y teniendo en cuenta que el ritmo actual es de 250.000 m<sup>2</sup> al año y que a finales de 2016 solo había instalado 4 millones de m<sup>2</sup> se cree que solo se conseguirá un 50% del objetivo propuesto.

## 2.4. IMPACTO AMBIENTAL DE LA ENERGÍA

La producción y el consumo de energía generan un gran impacto medioambiental que afecta a la atmósfera, el suelo, la hidrosfera y los seres vivos. Esto se refleja en el calentamiento global, contaminación atmosférica, modificación de ecosistemas, agotamiento de los recursos energéticos entre otros.

Para poder valorar el impacto debemos tener en cuenta tanto los contaminantes primarios que proceden directamente del foco, como los secundarios que proceden de la reacción de un precursor primario. Los contaminantes primarios son aquellos que provocan mayores daños como son la materia particulada o contaminantes gaseosos (CO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>). Por otro lado, dentro de los contaminantes secundarios se encuentran la lluvia ácida provocada por la combustión de energías fósiles, el efecto invernadero o el smog (niebla fotoquímica).

Las emisiones totales en 2014 fueron de 32.381 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> según indica el Informe de situación de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el mundo. Esto es un 57,9 % superior que las emisiones de 1990, año de referencia del Protocolo de Kioto. Los principales emisores son China, Estados Unidos, India, Rusia y Japón siendo Europa y Euroasia las únicas zonas que van disminuyendo esas emisiones gracias a la implantación de las renovables.

## EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES POR ZONAS GEOGRÁFICAS (millones de t/CO<sub>2</sub>)

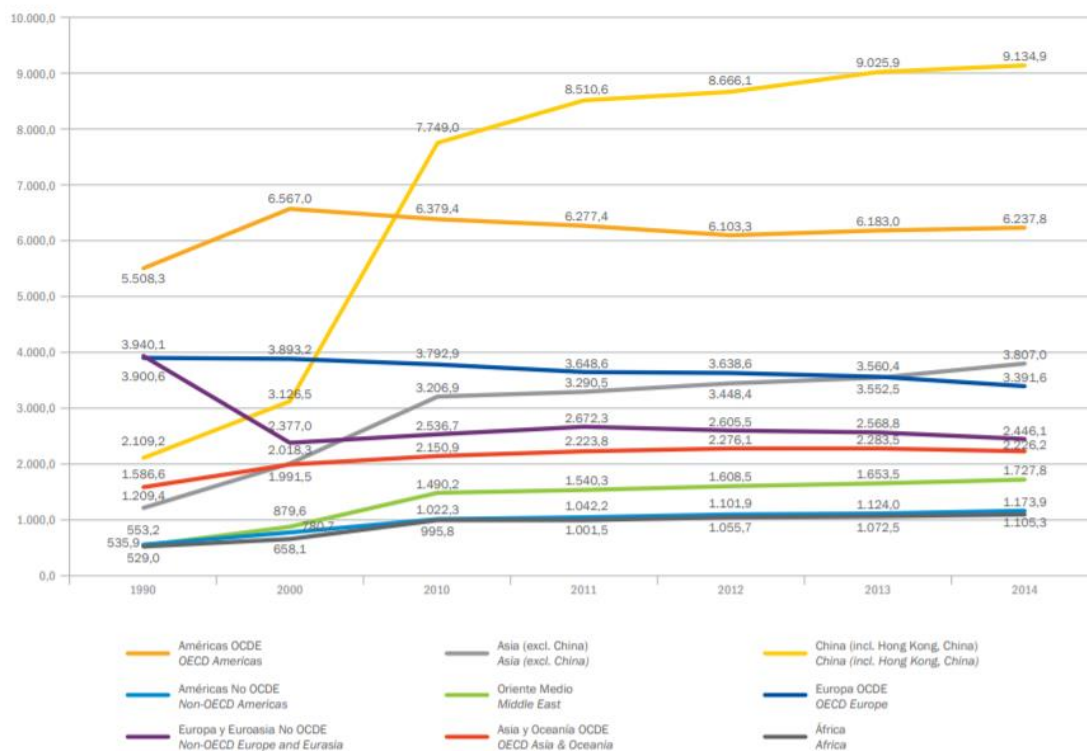


Gráfico 2.7 Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> por zonas geográficas

La Unión Europea tiene como objetivo para 2030 reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 40 % respecto a 1990 y que las energías renovables cubran como mínimo el 27 % del consumo total de energía.

Para poder hacer posible la reducción de emisiones se inició un régimen de comercio de derechos de emisión de la UE que limita gradualmente el volumen de gases de efecto invernadero que pueden emitir las industrias.

### 3. DATOS DE PARTIDA

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

La vivienda sobre la cual se va a hacer el estudio de climatización y ACS, es una vivienda unifamiliar situada en Navarra, concretamente en la ciudad de Estella con orientación Norte-Sur.

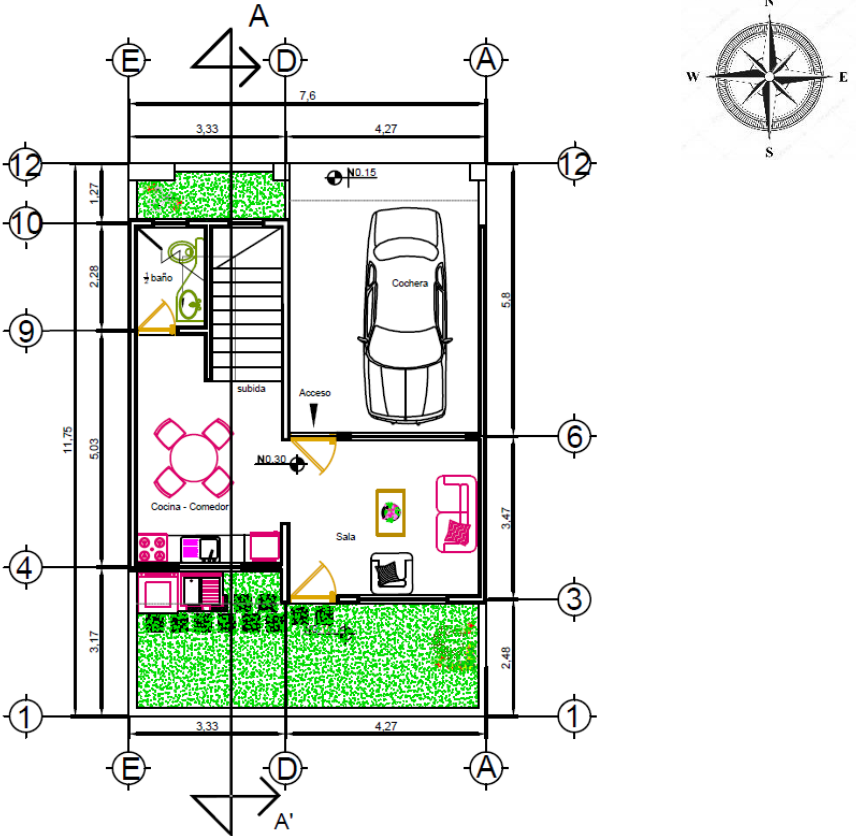
Se trata de una parcela de 89,3 m<sup>2</sup> con dos alturas habitables, la planta baja de 38,68 m<sup>2</sup> y la planta primera de 70,59 m<sup>2</sup>:

- La planta baja de 38,68 m<sup>2</sup> habitables está formada por un aseo, un salón y una cocina-comedor. Además en esta planta se sitúan la plaza de garaje y la zona de lavandería que se encuentran expuestos al exterior.
- La primera planta de 70,59 m<sup>2</sup> habitables consta de un baño, tres dormitorios y un vestíbulo.

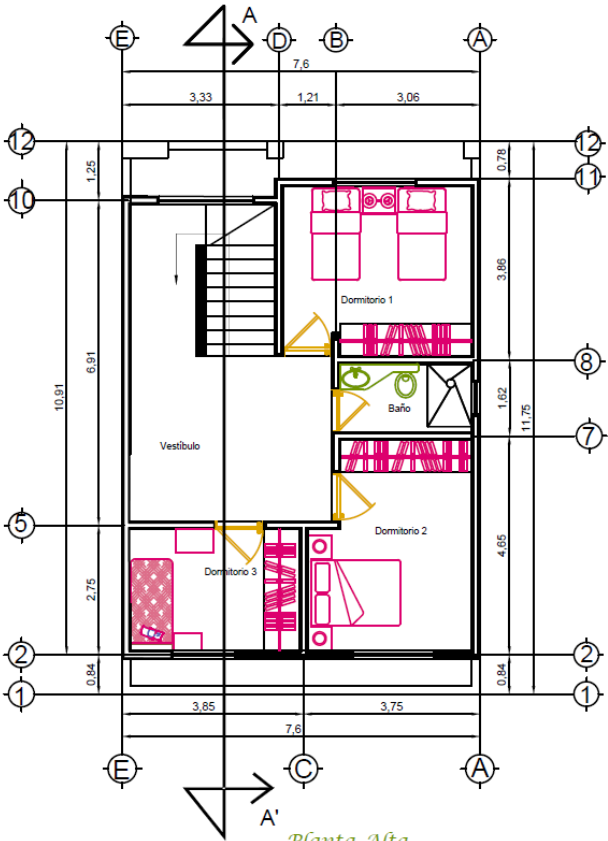
HABITACIÓN	A <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> )	A <sub>muro</sub> (m <sup>2</sup> )	VENTANA (m <sup>2</sup> )				PUERTA (m <sup>2</sup> )
			Norte	Sur	Este	Oeste	
Aseo	3,78	8,92	0,22	-	-	-	-
Salón	14,82	18,28	3,16	2,42	-	-	4
Cocina-comedor	15,12	17,70	-	1,69	-	-	-
Baño	4,96	4,19	-	-	0,22	-	-
Dormitorio 1	16,48	17,08	2,25	-	-	-	-
Dormitorio 2	16,13	17,58	-	2,25	-	-	-
Dormitorio 3	10,59	13,52	-	1,69	-	-	-
Vestíbulo	27,39	27,50	2,00	-	-	-	-
TOTAL	109,27						

Tabla 3-1 Superficies de la vivienda

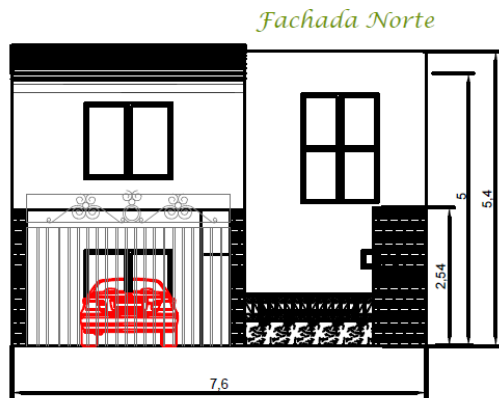
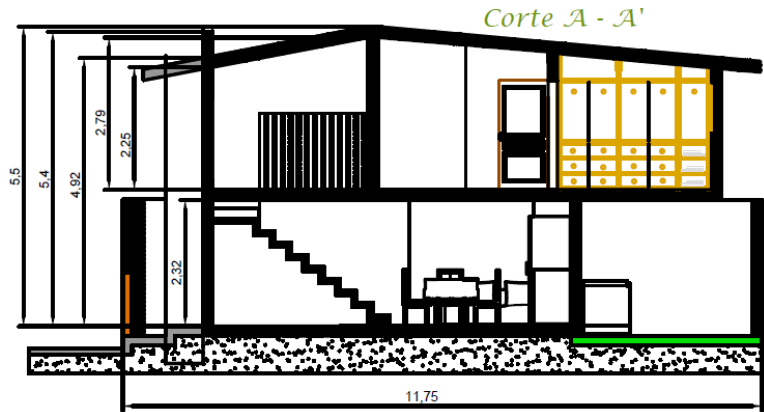
3.2. PLANOS



Planta Baja



Planta Alta





## 4. ENTORNO DEL PROYECTO

Los datos sobre la situación geográfica de la ciudad donde se encuentra la vivienda son datos de gran relevancia. Hay varios factores que según la zona geográfica en la que nos encontramos sufren variaciones por lo que vamos a estudiar la ubicación, la zona climática, la radiación recibida y los datos climatológicos características de la ciudad.

### 4.1. UBICACIÓN

En nuestro caso la ciudad a estudiar es Estella y los datos son los siguientes:

- Altitud: 523,848 m.
- Latitud: 42° 39' 05,33" N
- Longitud: 2° 01' 27,95" W

### 4.2. ZONA CLIMÁTICA

El código técnico de la edificación nos indica la zona climática en la que se encuentra ubicada la ciudad. La clasificación se realiza en función de la radiación solar, las horas de sol y el factor solar mínimo para las instalaciones de ACS.

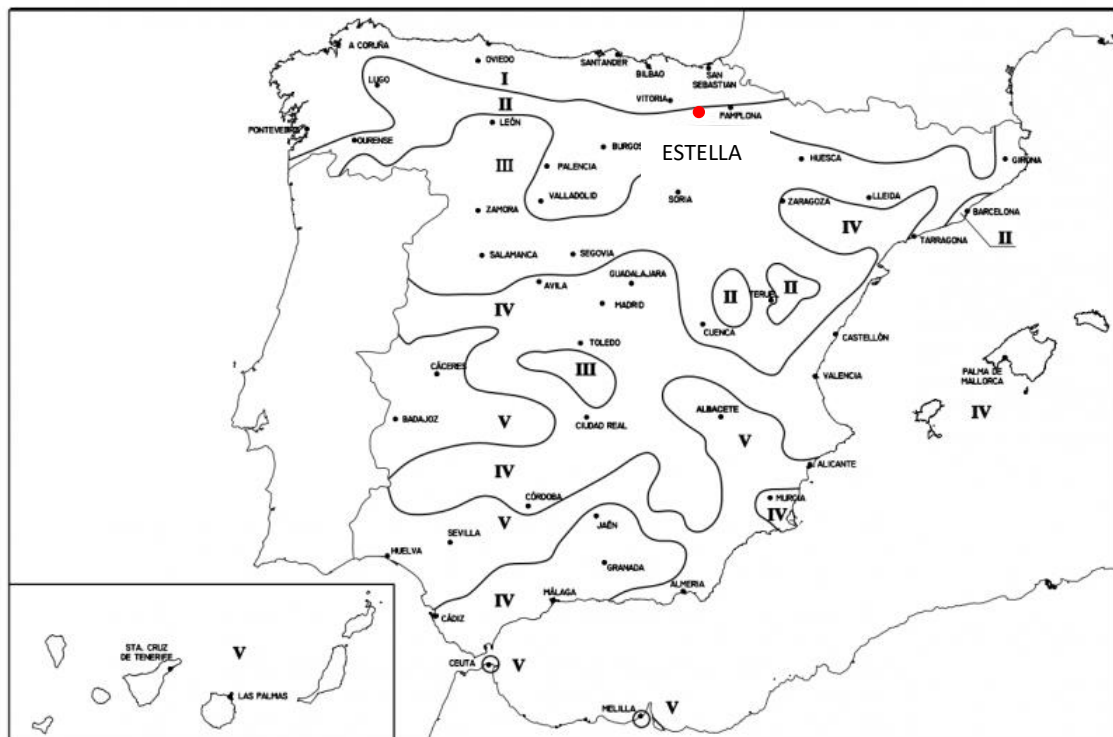


Ilustración 1. Mapa zonas climáticas

Provincia	Municipio	Código INE	Zona Climática
NAVARRA	Cortes	31078	III
	Desojo	31079	II
	Dicastillo	31080	II
	Donamaria	31081	I
	Etxalar	31082	I
	Echarri	31083	II
	Etxarri-Aranatz	31084	I
	Etxauri	31085	II
	Egüés	31086	I
	Elgorriaga	31087	I
	Noáin (Valle de Elorz)/ Noain (Elortzibar)	31088	II
	Enériz	31089	II
	Eratsun	31090	I
	Ergoiena	31091	I
	Erro	31092	I
	Ezcároz/Ezkaroze	31093	I
	Eslava	31094	II
	Esparza de Salazar	31095	I
	Espronceda	31096	II
	Estella/Lizarra	31097	II
	Esteribar	31098	I
	Etayo	31099	II
	Eulate	31100	II

Tabla 4-1 Zona climática Estella

Como se observa en la tabla, Estella pertenece a la Zona Climática II según el CTE-DB-HE.

### 4.3. RADIACIÓN SOLAR

En la siguiente tabla se presentan los valores, según el CTE, de radiación en función de la zona climática en la que se encuentre la vivienda:

Zona climática	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Tabla 4-2 Radiación solar global

## 4.4. DATOS CLIMATOLÓGICOS

Los datos climatológicos se han obtenido de Meteo Navarra y son los siguientes:

Parámetro	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Precipitación media (mm)	66.1	60.9	63.3	57.7	61.4	53.7	31.0	23.1	38.4	63.0	76.3	62.7	657.4
Máx. precip. 24 horas (mm)	44.7	38.1	38.6	54.1	52.7	48.6	49.8	53.4	47.2	48.2	62.0	48.7	62.0
Máx. precip. 10 minutos (mm)	5.3	4.0	6.2	7.0	13.8	21.5	11.3	21.2	12.2	8.8	13.0	2.6	21.5
Temp. máx. absoluta. (°C)	19.9	21.0	26.4	29.6	33.6	37.5	39.3	40.9	37.2	30.2	24.0	18.2	40.9
Temp. media de máx. (°C)	9.2	10.4	14.5	16.5	20.6	25.3	28.1	28.2	23.6	18.9	12.7	9.2	18.1
Temp. media (°C)	5.6	6.1	9.2	11.0	14.7	18.6	20.8	20.9	17.3	13.7	8.8	5.6	12.7
Temp. media de mín. (°C)	2.4	2.3	4.6	6.2	9.3	12.8	14.8	15.0	12.2	9.3	5.4	2.5	8.1
Temp. mín. absoluta (°C)	-7.3	-7.6	-4.5	-3.6	-0.3	5.4	7.0	7.3	3.9	-0.9	-5.6	-11.0	-11.0
HR media máx. (%)	90.1	88.4	86.0	86.3	85.9	83.9	82.5	82.0	85.8	89.4	90.0	91.0	86.8
HR media (%)	77.4	72.3	67.0	65.9	64.3	61.9	60.5	60.1	65.1	71.7	76.5	79.1	68.5
HR media mín. (%)	60.8	52.8	45.6	44.1	41.9	38.8	36.6	35.8	41.3	49.8	59.0	62.9	47.4
Vel. Viento media (Km/h)	6.6	7.2	7.5	7.4	7.2	7.1	7.0	6.8	6.6	6.7	6.6	6.2	6.9
Vel. Racha máxima (Km/h)	97.0	138.6	81.6	83.2	97.9	88.6	88.6	93.2	93.3	72.3	77.3	111.9	138.6
DV media (sector)	8.0	8.0	8.0	1.0	1.0	1.0	8.0	1.0	8.0	1.0	8.0	1.0	8.0
Radiación (w/m2)	67.2	106.6	158.1	199.7	239.4	277.3	286.7	246.2	183.6	118.4	75.0	58.7	168.1
Insolación (horas)	3.6	4.8	5.9	6.5	7.6	9.3	10.0	8.9	7.0	5.3	3.8	3.5	2319.1

Tabla 4-3 Datos climatológicos Estella

Vamos a graficar los datos con más relevancia que vamos a emplear a lo largo del proyecto:

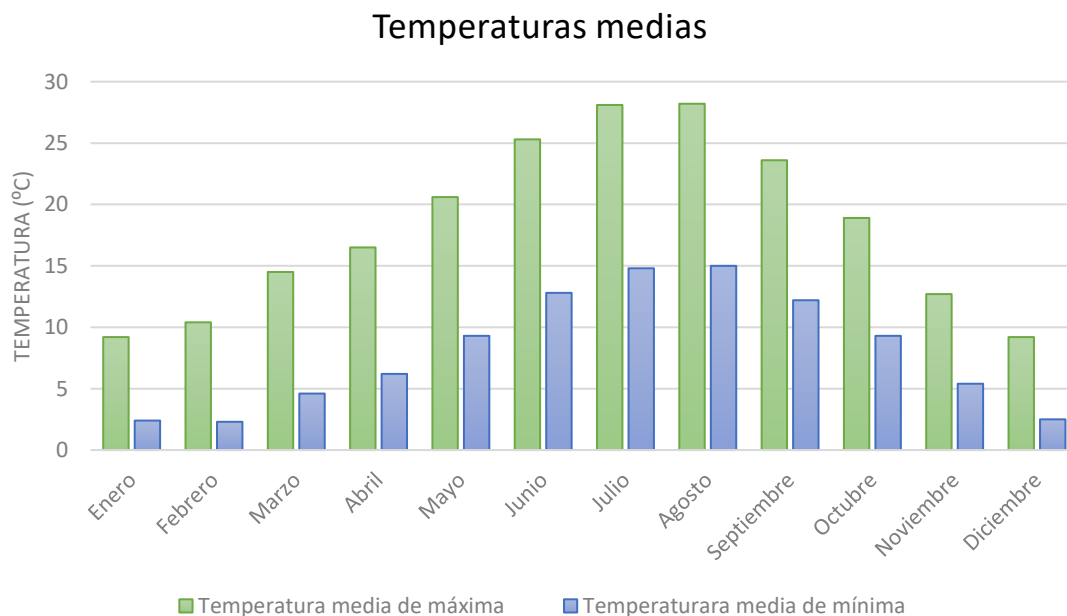


Gráfico 4.1 Temperaturas medias

Observamos que las temperaturas medias de máxima para los meses de verano no son mayores de 28 °C, y las temperaturas medias de mínima para los meses de invierno rondan los 5 °C.

Escogemos las medias de mínima y máxima ya que van a ser los datos más desfavorables con los que diseñemos nuestra instalación de calefacción y refrigeración.

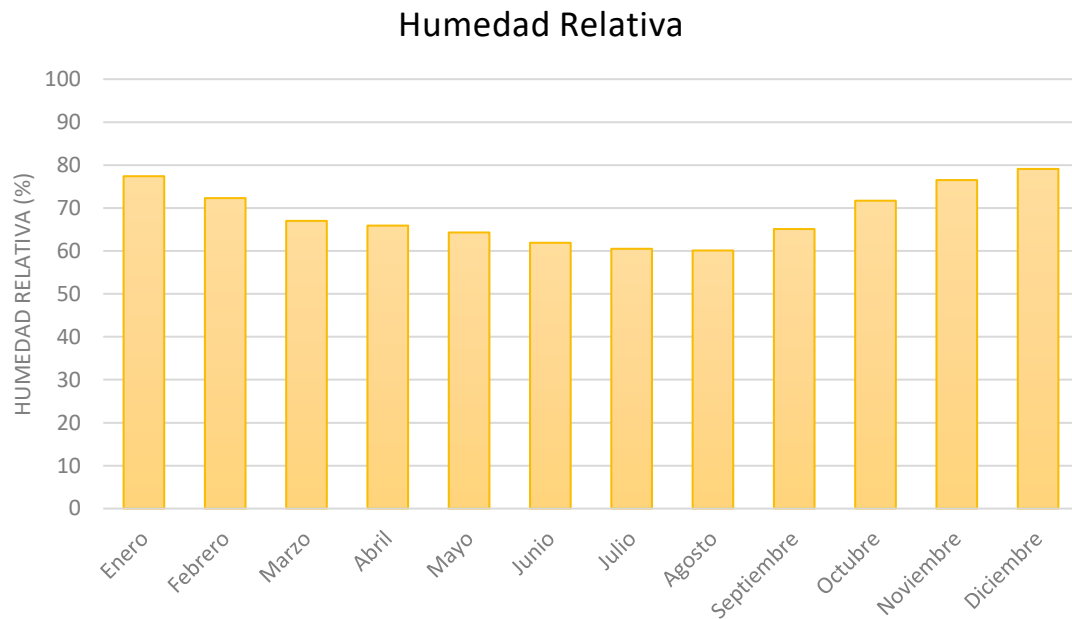


Gráfico 4.2 Humedad relativa media

Para el caso de la humedad relativa, podemos decir que no existe tanta diferencia como en otras ciudades de España aunque si se puede notar una bajada del porcentaje de humedad para los meses más cálidos.

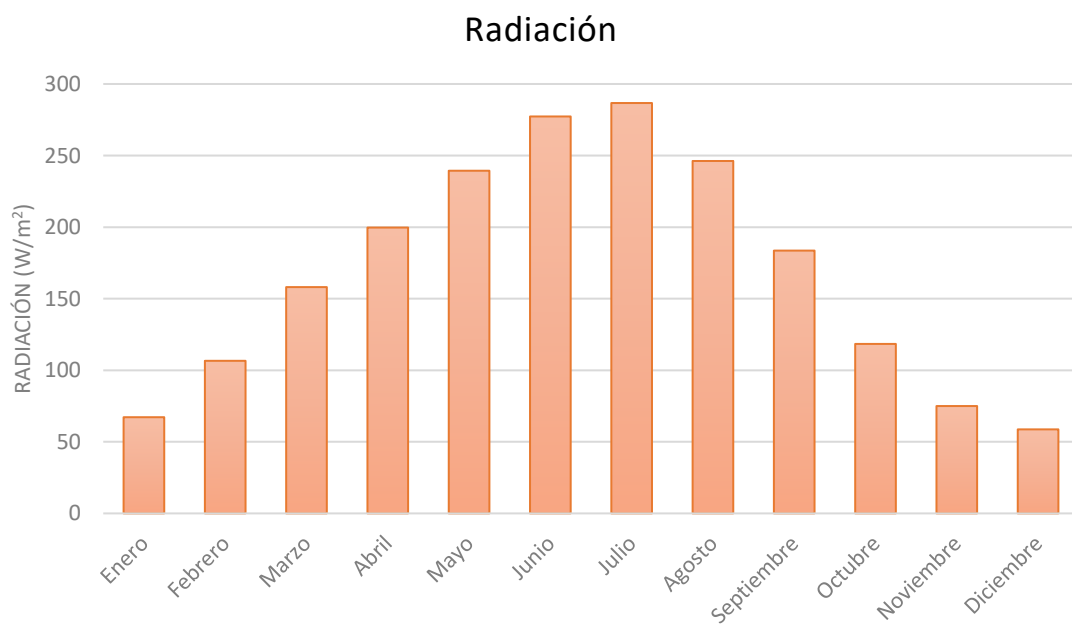


Gráfico 4.3 Radiación

Se puede apreciar que en los meses de verano, principalmente en junio y julio, la radiación es casi cuatro veces mayor que la radiación en los meses más fríos de invierno, enero y diciembre.

## 5. CARGAS TÉRMICAS

---

### 5.1. CARGAS DE CALEFACCIÓN

Con el fin de dimensionar el suelo radiante y el número de colectores solares térmicos, calculamos las cargas térmicas de la vivienda para el sistema de calefacción en los meses en los que la temperatura interior está por debajo de los límites de confort debido a las temperaturas exteriores. Para nuestro caso van a ser los meses de enero a mayo y de octubre a diciembre.

Las cargas térmicas que influyen a la instalación son aquellas debidas a las pérdidas por transmisión, ventilación e infiltraciones. Estas cargas pueden ser de dos tipos:

- Sensibles: debida a una variación de temperatura.
- Latentes: debida a una variación de humedad.

Las cargas internas y por radiación no se van a calcular ya que son ganancia en invierno y se incluyen únicamente en la refrigeración de la vivienda.

Vamos a calcular las cargas térmicas teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables, es decir, la temperatura media de mínima, para que nuestra instalación pueda cubrir las necesidades sin importar las condiciones del exterior.

#### **5.1.1. CONDICIONES DE DISEÑO**

Según el RITE, durante los meses de invierno la temperatura interior de la vivienda debe estar entre los 21°C y los 23°C, y la humedad relativa entre un 40 y 50%. Para este proyecto vamos a elegir una temperatura de 21°C y una humedad del 50%.

Las condiciones exteriores las obtenemos de la Tabla 4-3 del entorno del proyecto.

#### **5.1.2. COEFICIENTES GLOBALES DE TRANSMISIÓN DE CALOR**

Antes de comenzar a calcular las cargas térmicas vamos a calcular los coeficientes globales de transferencia de calor de los cerramientos de la vivienda en contacto con el exterior.

Zonas climáticas Península Ibérica																		
Capital	Z.C.	Altitud	A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C4	C3	C2	C1	D3	D2	D1	E1
Albacete	D3	677										h < 450			h < 950			h ≥ 950
Alicante/Alacant	B4	7					h < 250					h < 700			h ≥ 700			
Almería	A4	0	h < 100				h < 250	h < 400				h < 800			h ≥ 800			
Ávila	E1	1054														h < 550	h < 850	h ≥ 850
Badajoz	C4	168									h < 400	h < 450			h ≥ 450			
Barcelona	C2	1										h < 250				h < 450	h < 750	h ≥ 750
Bilbao/Bilbo	C1	214											h < 250				h ≥ 250	
Burgos	E1	861															h < 600	h ≥ 600
Cáceres	C4	385									h < 600				h < 1050			h ≥ 1050
Cádiz	A3	0		h < 150				h < 450				h < 600	h < 850			h ≥ 850		
Castellón/Castelló	B3	18						h < 50				h < 500			h < 600	h < 1000		h ≥ 1000
Ceuta	B3	0						h < 50										
Ciudad Real	D3	630									h < 450	h < 500			h ≥ 500			
Córdoba	B4	113					h < 150				h < 550				h ≥ 550			
Coruña, La/ A Coruña	C1	0											h < 200				h ≥ 200	
Cuenca	D2	975													h < 800	h < 1050		h ≥ 1050
Gerona/Girona	D2	143											h < 100			h < 600		h ≥ 600
Granada	C3	754	h < 50				h < 350				h < 600	h < 800			h < 1300			h ≥ 1300
Guadalajara	D3	708													h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Huelva	A4	50	h < 50				h < 150	h < 350				h < 800			h ≥ 800			
Huesca	D2	432										h < 200			h < 400	h < 700		h ≥ 700
Jaén	C4	436					h < 350				h < 750				h < 1250			h ≥ 1250
León	E1	346																h < 1250
Lérida/Ulreida	D3	131										h < 100			h < 600			h ≥ 600
Logroño	D2	379											h < 200			h < 700		h ≥ 700
Lugo	D1	412															h < 500	h ≥ 500
Madrid	D3	589										h < 500			h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Málaga	A3	0						h < 300				h < 700			h ≥ 700			
Melilla	A3	130																
Murcia	B3	25						h < 100				h < 550			h ≥ 550			
Orense/Ourense	D2	327										h < 150	h < 300			h < 800		h ≥ 800
Oviedo	D1	214												h < 50			h < 550	h ≥ 550
Palencia	D1	722															h < 800	h ≥ 800
Palma de Mallorca	B3	4						h < 350				h < 350						
Pamplona/Iruña	D1	456											h < 100			h < 300	h < 600	h ≥ 600
Pontevedra	C1	77												h < 350			h < 350	
Salamanca	D2	770														h < 800		h ≥ 800
San Sebastián/Donostia	D1	5															h < 400	h ≥ 400
Santander	C1	1												h < 150			h < 650	h ≥ 650
Segovia	D2	1013														h < 1000		h ≥ 1000
Sevilla	B4	9					h < 200				h ≥ 200							
Soria	E1	984														h < 750	h < 800	h ≥ 800
Tarragona	B3	1						h < 50				h < 500			h ≥ 500			
Teruel	D2	995										h < 450	h < 500			h < 1000		h ≥ 1000
Toledo	C4	445									h < 500				h ≥ 500			
Valencia/València	B3	8						h < 50				h < 500				h < 950		h ≥ 950
Valladolid	D2	704														h < 800		h ≥ 800
Vitoria/Gasteiz	D1	512															h < 500	h ≥ 500
Zamora	D2	617														h < 800		h ≥ 800
Zaragoza	D3	207										h < 200			h < 650			h ≥ 650

Tabla 5-1 Zonas climáticas península ibérica

Estella se encuentra en la Comunidad Foral de Navarra por lo tanto lo asociamos a Pamplona, y al estar a 523 m de altitud seleccionamos la zona climática D1.

Tenemos que comprobar que nuestros coeficientes de transferencia de calor de los muros, suelos y techos cumplan con la normativa del CTE:

## D.2.13 ZONA CLIMÁTICA D1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	<b><math>U_{Mlim}: 0,66 \text{ W/m}^2 \text{ K}</math></b>
Transmitancia límite de suelos	<b><math>U_{Slim}: 0,49 \text{ W/m}^2 \text{ K}</math></b>
Transmitancia límite de cubiertas	<b><math>U_{Clim}: 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ K}</math></b>
Factor solar modificado límite de lucernarios	<b><math>F_{Llim}: 0,36</math></b>

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5	2,9	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 31 a 40	2,2	2,6	3,4	3,4	-	-	-	0,54	-	0,58
de 41 a 50	2,1	2,5	3,2	3,2	-	-	-	0,45	-	0,49
de 51 a 60	1,9	2,3	3,0	3,0	-	-	-	0,40	0,57	0,44

Ilustración 2. Transmitancias límites zona climática D1

Una vez que tenemos la zona climática y las transmitancias límite ya podemos calcular los coeficientes globales. Para ello usamos las siguientes expresiones:

$$U = \frac{1}{R_{total}}$$

$$R_{total} = R_{se} + \sum \frac{e}{k} + R_{si}$$

Las resistencias térmicas superficiales de los cerramientos en contacto con el aire exterior las obtenemos del CTE, según el sentido del flujo de calor:

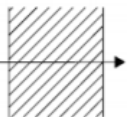
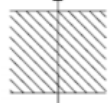
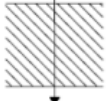
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		$R_{se}$	$R_{si}$
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17

Ilustración 3. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en  $\text{m}^2 \text{ K/W}$

- Coeficiente global térmico del muro exterior

MURO EXTERIOR	Espesor (cm)	Cond. Térmica (W/mK)	Resist. Térmica (m <sup>2</sup> K/W)
Ladrillo perforado	12,00	0,76	0,16
Fibra de vidrio	6,00	0,04	1,50
Ladrillo hueco	4,00	0,49	0,08
Mortero cemento	1,00	1,40	0,01
Yeso	0,50	0,30	0,02
TOTAL			1,77

Tabla 5-2 Resistencias térmicas muro exterior

Para las resistencias de convección del muro escogemos el primer caso de cerramientos verticales, por tanto:

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{TOTAL} = 1,94 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_m = 1/1,94 = \mathbf{0,52 \text{ W/m}^2\text{K}} < U_{mlim} = 0,66 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow \text{Sí es válido}$$

- Coeficiente global térmico de la cubierta

CUBIERTA	Espesor (cm)	Cond. Térmica (W/mK)	Resist. Térmica (m <sup>2</sup> K/W)
Hormigón con áridos	5,00	1,16	0,04
Bovedilla de hormigón	25,00	1,39	0,18
Poliestireno expandido	8,00	0,03	2,42
Yeso	2,00	0,30	0,07
TOTAL			2,71

Tabla 5-3 Resistencias térmicas cubierta

Para las resistencias de convección de la cubierta escogemos el segundo caso, cerramientos horizontales, ya que el flujo de calor para invierno sale de forma ascendente al exterior de la vivienda, por tanto:

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{TOTAL} = 2,85 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_c = 1/2,85 = \mathbf{0,35 \text{ W/m}^2\text{K}} < U_{clim} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow \text{Sí es válido}$$



- Coeficiente global térmico del suelo

Para la planta baja, como el suelo está en contacto con el terreno solo vamos a tener en cuenta la convección en el interior. Las resistencias de convección se calculan de forma análoga a la cubierta para ambos suelos, siendo ahora el flujo descendente.

➤ Suelo planta baja

SUELO PLANTA BAJA	Espesor (cm)	Cond. Térmica (W/mK)	Resist. Térmica (m <sup>2</sup> K/W)
Pavimento cerámico	2,00	1,30	0,02
Mortero cemento	3,00	1,30	0,02
Hormigón con áridos	5,00	1,16	0,04
Poliestireno expandido	6,00	0,03	2,00
Forjado	25,00	1,65	0,15
TOTAL			2,23

Tabla 5-4 Resistencias térmicas pavimento cerámico

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{TOTAL} = 2,4 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{sb} = 1/2,37 = \mathbf{0,42 \text{ W/m}^2\text{K}} < U_{slim} = 0,49 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow \text{Sí es válido}$$

➤ Suelo primera planta

SUELO PRIMERA PLANTA	Espesor (cm)	Cond. Térmica (W/mK)	Resist. Térmica (m <sup>2</sup> K/W)
Parquet	2,00	0,17	0,12
Mortero cemento	3,00	1,30	0,02
Hormigón con áridos	5,00	1,16	0,04
Poliestireno expandido	6,00	0,03	2,00
Forjado	25,00	1,65	0,15
TOTAL			2,33

Tabla 5-5 Resistencias térmicas parquet

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{TOTAL} = 2,54 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{sa} = 1/2,47 = \mathbf{0,39 \text{ W/m}^2\text{K}} < U_{slim} = 0,49 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow \text{Sí es válido}$$

- Coeficiente global térmico de las ventanas

Vamos a emplear ventanas de la marca Ecoven Plus, concretamente la S70, que posee las siguientes características:

# ECOVEN PLUS S70

Profundidad	70 mm
Cámaras	5
Transmitancia $U_f$	1,3 W/m <sup>2</sup> K
Transmitancia $U_w$	hasta 0,9 W/m <sup>2</sup> K
Aislamiento acústico	hasta 48 dB
Seguridad	hasta RC2
Acristalamiento	hasta 42 mm
Eficiencia energética	hasta A***

$T_{int}$ : temperatura interior ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{ext}$ : temperatura exterior ( $^{\circ}\text{C}$ )

➤ Pérdidas por transmisión en el muro

<b>HABITACIÓN</b>	<b><math>A_m</math> (<math>\text{m}^2</math>)</b>	<b><math>U_m</math> (<math>\text{W}/\text{m}^2\text{K}</math>)</b>	<b><math>A_m * U_m</math></b>
<i>Aseo</i>	8,92	0,52	4,64
<i>Salón</i>	18,28	0,52	9,50
<i>Cocina-comedor</i>	17,70	0,52	9,20
<i>Baño</i>	4,19	0,52	2,18
<i>Dormitorio 1</i>	17,08	0,52	8,88
<i>Dormitorio 2</i>	17,58	0,52	9,14
<i>Dormitorio 3</i>	13,52	0,52	7,03
<i>Vestíbulo</i>	27,50	0,52	14,30
<b>TOTAL</b>	-	-	64,87

Tabla 5-6 Pérdidas mensuales transmisión en el muro

<b>MES</b>	<b><math>T_{int}</math> (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>	<b><math>T_{ext}</math> (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>	<b><math>Q_m(\text{W})</math></b>
<i>Enero</i>	21	2,4	1206,58
<i>Febrero</i>	21	2,3	1213,07
<i>Marzo</i>	21	4,6	1063,87
<i>Abril</i>	21	6,2	960,08
<i>Mayo</i>	21	9,3	758,98
<i>Junio</i>	-	-	-
<i>Julio</i>	-	-	-
<i>Agosto</i>	-	-	-
<i>Septiembre</i>	-	-	-
<i>Octubre</i>	21	9,3	758,98
<i>Noviembre</i>	21	5,4	1011,97
<i>Diciembre</i>	21	2,5	1200,09

Tabla 5-7 Pérdidas mensuales transmisión en el muro

➤ Pérdidas por transmisión en la cubierta

<b>HABITACIÓN</b>	<b><math>A_c</math> (<math>\text{m}^2</math>)</b>	<b><math>U_c</math> (<math>\text{W}/\text{m}^2\text{K}</math>)</b>	<b><math>A_c * U_c</math></b>
<i>Baño</i>	4,96	0,35	1,74
<i>Dormitorio 1</i>	16,48	0,35	5,77
<i>Dormitorio 2</i>	16,13	0,35	5,65
<i>Dormitorio 3</i>	10,59	0,35	3,71
<i>Vestíbulo</i>	27,39	0,35	9,59
<b>TOTAL</b>	-	-	26,46

Tabla 5-8 Pérdidas mensuales transmisión en la cubierta

<b>MES</b>	<b>T<sub>int</sub> (°C)</b>	<b>T<sub>ext</sub> (°C)</b>	<b>Q<sub>c</sub>(W)</b>
<i>Enero</i>	21	2,4	492,16
<i>Febrero</i>	21	2,3	494,80
<i>Marzo</i>	21	4,6	433,94
<i>Abril</i>	21	6,2	391,61
<i>Mayo</i>	21	9,3	309,58
<i>Junio</i>	-	-	-
<i>Julio</i>	-	-	-
<i>Agosto</i>	-	-	-
<i>Septiembre</i>	-	-	-
<i>Octubre</i>	21	9,3	309,58
<i>Noviembre</i>	21	5,4	412,78
<i>Diciembre</i>	21	2,5	489,51

Tabla 5-9 Pérdidas mensuales transmisión en la cubierta

➤ Pérdidas por transmisión en el suelo en contacto con el terreno

<b>HABITACIÓN</b>	<b>A<sub>s</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U<sub>s</sub> ( W/m<sup>2</sup>K )</b>	<b>A<sub>s</sub>*U<sub>s</sub></b>
<i>Aseo</i>	3,78	0,42	1,59
<i>Salón</i>	14,82	0,42	6,22
<i>Cocina-comedor</i>	15,12	0,42	6,35
<b>TOTAL</b>	-	-	14,16

Tabla 5-10 Pérdidas mensuales transmisión en el suelo en contacto con terreno

<b>MES</b>	<b>T<sub>int</sub> (°C)</b>	<b>T<sub>ext</sub> (°C)</b>	<b>Q<sub>sb</sub>(W)</b>
<i>Enero</i>	21	10	155,76
<i>Febrero</i>	21	10	155,76
<i>Marzo</i>	21	10	155,76
<i>Abril</i>	21	10	155,76
<i>Mayo</i>	21	10	155,76
<i>Junio</i>	-	-	-
<i>Julio</i>	-	-	-
<i>Agosto</i>	-	-	-
<i>Septiembre</i>	-	-	-
<i>Octubre</i>	21	10	155,76
<i>Noviembre</i>	21	10	155,76
<i>Diciembre</i>	21	10	155,76

Tabla 5-11 Pérdidas mensuales transmisión en el suelo en contacto con terreno

➤ Pérdidas por transmisión en el suelo en contacto con el aire exterior

<b>HABITACIÓN</b>	<b>A<sub>s</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U<sub>s</sub> ( W/m<sup>2</sup>K )</b>	<b>A<sub>s</sub>*U<sub>s</sub></b>
<i>Baño</i>	3,55	0,39	1,38
<i>Dormitorio 1</i>	16,48	0,39	6,43
<i>Dormitorio 2</i>	6,15	0,39	2,40
<i>Dormitorio 3</i>	8,61	0,39	3,36
<b>TOTAL</b>	-	-	13,57

Tabla 5-12 Pérdidas mensuales transmisión en el suelo en contacto con el aire exterior

<b>MES</b>	<b>T<sub>int</sub> (°C)</b>	<b>T<sub>ext</sub> (°C)</b>	<b>Q<sub>sa</sub>(W)</b>
<i>Enero</i>	21	2,4	252,40
<i>Febrero</i>	21	2,3	253,76
<i>Marzo</i>	21	4,6	222,55
<i>Abril</i>	21	6,2	200,84
<i>Mayo</i>	21	9,3	158,77
<i>Junio</i>	-	-	-
<i>Julio</i>	-	-	-
<i>Agosto</i>	-	-	-
<i>Septiembre</i>	-	-	-
<i>Octubre</i>	21	9,3	158,77
<i>Noviembre</i>	21	5,4	211,69
<i>Diciembre</i>	21	2,5	251,05

Tabla 5-13 Pérdidas mensuales transmisión en el suelo en contacto con el aire exterior

Pérdidas por transmisión en el suelo:

<b>MES</b>	<b>Q<sub>sb</sub>(W)</b>	<b>Q<sub>sa</sub>(W)</b>	<b>Q<sub>stotal</sub>(W)</b>
<i>Enero</i>	155,76	252,40	414,49
<i>Febrero</i>	155,76	253,76	415,88
<i>Marzo</i>	155,76	222,55	383,88
<i>Abril</i>	155,76	200,84	361,63
<i>Mayo</i>	155,76	158,77	318,51
<i>Junio</i>	-	-	-
<i>Julio</i>	-	-	-
<i>Agosto</i>	-	-	-
<i>Septiembre</i>	-	-	-
<i>Octubre</i>	155,76	158,77	318,51
<i>Noviembre</i>	155,76	211,69	372,76
<i>Diciembre</i>	155,76	251,05	413,09

Tabla 5-14 Pérdidas mensuales transmisión en el suelo

➤ Pérdidas por transmisión en las ventanas

<b>HABITACIÓN</b>	<b><math>A_v</math> (m<sup>2</sup>)</b>	<b><math>U_v</math> ( W/m<sup>2</sup>K )</b>	<b><math>A_v \cdot U_v</math></b>
<i>Aseo</i>	0,22	1,3	0,29
<i>Salón</i>	5,58	1,3	7,25
<i>Cocina-comedor</i>	1,69	1,3	2,20
<i>Baño</i>	0,22	1,3	0,29
<i>Dormitorio 1</i>	2,25	1,3	2,92
<i>Dormitorio 2</i>	2,25	1,3	2,92
<i>Dormitorio 3</i>	1,69	1,3	2,20
<i>Vestíbulo</i>	2,00	1,3	2,60
<b>TOTAL</b>	-	-	20,67

Tabla 5-15 Pérdidas mensuales transmisión en las ventanas

<b>MES</b>	<b><math>T_{int}</math> (°C)</b>	<b><math>T_{ext}</math> (°C)</b>	<b><math>Q_v</math>(W)</b>
<i>Enero</i>	21	2,4	384,46
<i>Febrero</i>	21	2,3	386,53
<i>Marzo</i>	21	4,6	338,99
<i>Abril</i>	21	6,2	305,92
<i>Mayo</i>	21	9,3	241,84
<i>Junio</i>	-	-	-
<i>Julio</i>	-	-	-
<i>Agosto</i>	-	-	-
<i>Septiembre</i>	-	-	-
<i>Octubre</i>	21	9,3	241,84
<i>Noviembre</i>	21	5,4	322,45
<i>Diciembre</i>	21	2,5	382,39

Tabla 5-16 Pérdidas mensuales transmisión en las ventanas

➤ Pérdidas por transmisión en las puertas

<b>HABITACIÓN</b>	<b><math>A_p</math> (m<sup>2</sup>)</b>	<b><math>U_p</math> ( W/m<sup>2</sup>K )</b>	<b><math>A_p \cdot U_p</math></b>
<i>Salón</i>	4	3,00	12,00
<b>TOTAL</b>	-	-	12,00

Tabla 5-17 Pérdidas mensuales transmisión en las puertas

<b>MES</b>	<b>T<sub>int</sub> (°C)</b>	<b>T<sub>ext</sub> (°C)</b>	<b>Q<sub>p</sub>(W)</b>
<i>Enero</i>	21	2,4	223,2
<i>Febrero</i>	21	2,3	224,4
<i>Marzo</i>	21	4,6	196,8
<i>Abril</i>	21	6,2	177,6
<i>Mayo</i>	21	9,3	140,4
<i>Junio</i>	-	-	-
<i>Julio</i>	-	-	-
<i>Agosto</i>	-	-	-
<i>Septiembre</i>	-	-	-
<i>Octubre</i>	21	9,3	140,4
<i>Noviembre</i>	21	5,4	187,2
<i>Diciembre</i>	21	2,5	222,0

Tabla 5-18 Pérdidas mensuales transmisión en las puertas

### CARGAS TRANSMISIÓN TOTAL

<b>MES</b>	<b>Q<sub>m</sub>(W)</b>	<b>Q<sub>c</sub>(W)</b>	<b>Q<sub>s</sub>(W)</b>	<b>Q<sub>v</sub>(W)</b>	<b>Q<sub>p</sub>(W)</b>	<b>Q<sub>transmisión</sub>(W)</b>
<i>Enero</i>	1206,58	492,16	414,49	384,46	223,20	2720,89
<i>Febrero</i>	1213,07	494,80	415,88	386,53	224,40	2734,68
<i>Marzo</i>	1063,87	433,94	383,88	338,99	196,80	2417,48
<i>Abril</i>	960,08	391,61	361,63	305,92	177,60	2196,84
<i>Mayo</i>	758,98	309,58	318,51	241,84	140,40	1769,31
<i>Junio</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Julio</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Agosto</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Septiembre</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Octubre</i>	758,98	309,58	318,51	241,84	140,40	1769,31
<i>Noviembre</i>	1011,97	412,78	372,76	322,45	187,20	2307,16
<i>Diciembre</i>	1200,09	489,51	413,09	382,39	222,00	2707,08

Tabla 5-19 Pérdidas mensuales transmisión total

Se puede observar que las cargas de transmisión de los muros son mayores que el resto y es debido a que los muros tienen una mayor área en contacto con el exterior.

- CARGAS DE VENTILACIÓN

Son las cargas debidas a la renovación del aire interior de la vivienda, el aire se contamina a lo largo del día y hay que renovarlo.

Carga sensible:

$$Q_{v,sens} = V \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{int} - T_{ext})$$

$Q_{v,sens}$ : carga sensible (W)

V: caudal de aire ( $m^3/s$ )

$\rho$ : densidad del aire ( $kg/m^3$ )

$C_p$ : calor específico del aire (J/kgK)

$T_{int}$ : temperatura interior ( $^{\circ}C$ )

$T_{ext}$ : temperatura exterior ( $^{\circ}C$ )

Carga latente:

$$Q_{v,lat} = V \cdot \rho \cdot h_{fg} \cdot (\omega_{int} - \omega_{ext})$$

$Q_{v,lat}$ : carga latente (W)

V: caudal de aire ( $m^3/s$ )

$\rho$ : densidad del aire ( $kg/m^3$ )

$h_{fg}$ : entalpía cambio fase agua (J/kg)

$w_{int}$ : humedad interior

$w_{ext}$ : humedad exterior

Los criterios de ventilación están indicados en el CTE, en el apartado HS3: calidad del aire interior. Los valores que vamos a utilizar se recogen en la siguiente tabla:

Tipo de vivienda	Caudal mínimo $q_v$ en l/s				
	Locales secos <sup>(1) (2)</sup>			Locales húmedos <sup>(2)</sup>	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores <sup>(3)</sup>	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

(1) En los *locales* secos de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor

(2) Cuando en un mismo *local* se den usos de *local* seco y húmedo, cada zona debe dotarse de su caudal correspondiente

(3) Otros *locales* pertenecientes a la vivienda con usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

Locales	Caudal mínimo $q_v$ en l/s	
	Por $m^2$ útil	En función de otros parámetros
Trasteros y sus zonas comunes	0,7	
Aparcamientos y garajes		120 por plaza
Almacenes de residuos	10	

Tabla 5-20 Caudales mínimos exigidos para ventilación en locales habitables



Carga sensible:

$$Q_{v,sens} = V \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{int} - T_{ext})$$

<b>HABITACIÓN</b>	<b>V (m³/s)</b>	<b>ρ (kg/m³)</b>	<b>C<sub>p</sub> (J/kgK)</b>	<b>V* ρ* C<sub>p</sub></b>
<i>Aseo</i>	0,015	1,225	1012	18,60
<i>Salón</i>	0,01	1,225	1012	12,40
<i>Cocina-comedor</i>	0,05	1,225	1012	61,99
<i>Baño</i>	0,015	1,225	1012	18,60
<i>Dormitorio 1</i>	0,004	1,225	1012	4,96
<i>Dormitorio 2</i>	0,008	1,225	1012	9,92
<i>Dormitorio 3</i>	0,004	1,225	1012	4,96
<i>Vestíbulo</i>	0,015	1,225	1012	18,60
<b>TOTAL</b>	-	-	-	150,00

Tabla 5-21 Pérdidas ventilación sensible

<b>MES</b>	<b>T<sub>int</sub> (°C)</b>	<b>T<sub>ext</sub> (°C)</b>	<b>Q<sub>v,s</sub> (W)</b>
<i>Enero</i>	21	2,4	2790,07
<i>Febrero</i>	21	2,3	2805,07
<i>Marzo</i>	21	4,6	2460,06
<i>Abril</i>	21	6,2	2220,05
<i>Mayo</i>	21	9,3	1755,04
<i>Junio</i>	-	-	-
<i>Julio</i>	-	-	-
<i>Agosto</i>	-	-	-
<i>Septiembre</i>	-	-	-
<i>Octubre</i>	21	9,3	1755,04
<i>Noviembre</i>	21	5,4	2340,06
<i>Diciembre</i>	21	2,5	2775,07

Tabla 5-22 Pérdidas ventilación sensible

Carga latente:

$$Q_{v,lat} = V \cdot \rho \cdot h_{fg} \cdot (\omega_{ext} - \omega_{int})$$

Para el cálculo de la carga de ventilación latente vamos a hacer uso de la tabla de propiedades termodinámicas del agua saturada.

<b>HABITACIÓN</b>	<b>V (m³/s)</b>	<b>ρ (kg/m³)</b>	<b>H<sub>fg</sub> (J/kgK)</b>	<b>V* ρ* H<sub>fg</sub></b>
<i>Aseo</i>	0,015	1,225	2257000	41472,38
<i>Salón</i>	0,01	1,225	2257000	27648,25
<i>Cocina-comedor</i>	0,05	1,225	2257000	138241,25
<i>Baño</i>	0,015	1,225	2257000	41472,38
<i>Dormitorio 1</i>	0,004	1,225	2257000	11059,30
<i>Dormitorio 2</i>	0,008	1,225	2257000	22118,60
<i>Dormitorio 3</i>	0,004	1,225	2257000	11059,30
<i>Vestíbulo</i>	0,015	1,225	2257000	41472,38
<b>TOTAL</b>	-	-	-	334543,83

Tabla 5-23 Pérdidas ventilación latente

<b>MES</b>	<b>T<sub>int</sub> (°C)</b>	<b>T<sub>ext</sub> (°C)</b>	<b>P<sub>atm</sub>(Pa)</b>	<b>P<sub>sint</sub>(Pa)</b>	<b>P<sub>sext</sub>(Pa)</b>	<b>φ<sub>int</sub></b>	<b>φ<sub>ext</sub></b>
<i>Enero</i>	21	2,4	101325	2487	732	0,5	0,77
<i>Febrero</i>	21	2,3	101325	2487	727	0,5	0,72
<i>Marzo</i>	21	4,6	101325	2487	848	0,5	0,67
<i>Abril</i>	21	6,2	101325	2487	949	0,5	0,66
<i>Mayo</i>	21	9,3	101325	2487	1173	0,5	0,64
<i>Junio</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Julio</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Agosto</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Septiembre</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Octubre</i>	21	9,3	101325	2487	1173	0,5	0,72
<i>Noviembre</i>	21	5,4	101325	2487	897	0,5	0,76
<i>Diciembre</i>	21	2,5	101325	2487	737	0,5	0,79

Tabla 5-24 Pérdidas ventilación latente

$$w_{int} = 0,622 \cdot \frac{\phi_i \cdot P_{sat}(T_{int})}{P_{atm} - \phi_i \cdot P_{sat}(T_{int})}$$

$$w_{ext} = 0,622 \cdot \frac{\phi_e \cdot P_{sat}(T_{ext})}{P_{atm} - \phi_e \cdot P_{sat}(T_{ext})}$$

<b>MES</b>	<b>w<sub>int</sub></b>	<b>w<sub>ext</sub></b>	<b>Q<sub>v,l</sub>(W)</b>
<i>Enero</i>	0,0077	0,0035	1405,08
<i>Febrero</i>	0,0077	0,0032	1505,45
<i>Marzo</i>	0,0077	0,0035	1405,08
<i>Abril</i>	0,0077	0,0039	1271,27
<i>Mayo</i>	0,0077	0,0046	1037,09
<i>Junio</i>	-		-
<i>Julio</i>	-		-
<i>Agosto</i>	-		-
<i>Septiembre</i>	-		-
<i>Octubre</i>	0,0077	0,0052	836,36
<i>Noviembre</i>	0,0077	0,0042	1170,90
<i>Diciembre</i>	0,0077	0,0036	1371,63

Tabla 5-25 Pérdidas ventilación latente

### **CARGAS VENTILACIÓN TOTAL**

<b>MES</b>	<b>Q<sub>v,s</sub></b>	<b>Q<sub>v,l</sub></b>	<b>Q<sub>ventilación</sub>(W)</b>
<i>Enero</i>	2790,07	1405,08	4195,15
<i>Febrero</i>	2805,07	1505,45	4310,52
<i>Marzo</i>	2460,06	1405,08	3865,14
<i>Abril</i>	2220,05	1271,27	3491,32
<i>Mayo</i>	1755,04	1037,09	2792,13
<i>Junio</i>	-	-	
<i>Julio</i>	-	-	
<i>Agosto</i>	-	-	
<i>Septiembre</i>	-	-	
<i>Octubre</i>	1755,04	836,36	2591,4
<i>Noviembre</i>	2340,06	1170,90	3510,96
<i>Diciembre</i>	2775,07	1371,63	4146,7

Tabla 5-26 Pérdidas ventilación total

- **CARGAS DE INFILTRACIÓN**

Son las cargas debidas al aire que entra a la vivienda por los intersticios. El cálculo se realiza de la misma manera que las cargas de ventilación tomando como referencia los caudales de pérdidas del manual de aire acondicionado de Carrier:

Ventanas: 1,8 m<sup>3</sup>/h

Puertas: 2,5 m<sup>3</sup>/h

$$V_{habitación} = \frac{Q_v}{3600} * A_{ventana} + \frac{Q_p}{3600} * A_{puerta}$$

Carga sensible:

$$Q_{i,sens} = V \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{int} - T_{ext})$$

$Q_{i,sens}$ : carga sensible (W)

V: caudal de aire (m<sup>3</sup>/s)

$\rho$ : densidad del aire (kg/m<sup>3</sup>)

$C_p$ : calor específico del aire (J/kgK)

$T_{int}$ : temperatura interior (°C)

$T_{ext}$ : temperatura exterior (°C)

HABITACIÓN	A <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	V(m <sup>3</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>p</sub> (J/kgK)	V* $\rho$ * C <sub>p</sub>
Aseo	0,22	-	0,0001	1,225	1012	0,12
Salón	5,58	4	0,0056	1,225	1012	6,94
Cocina-comedor	1,69	-	0,0008	1,225	1012	0,99
Baño	0,22	-	0,0001	1,225	1012	0,12
Dormitorio 1	2,25	-	0,0011	1,225	1012	1,36
Dormitorio 2	2,25	-	0,0011	1,225	1012	1,36
Dormitorio 3	1,69	-	0,0008	1,225	1012	0,99
Vestíbulo	2,00	-	0,0010	1,225	1012	1,24
TOTAL	-	-	-	-	-	13,14

Tabla 5-27 Pérdidas infiltración sensible

MES	T <sub>int</sub> (°C)	T <sub>ext</sub> (°C)	Q <sub>i,s</sub> (W)
Enero	21	2,4	244,42
Febrero	21	2,3	245,73
Marzo	21	4,6	215,51
Abril	21	6,2	194,48
Mayo	21	9,3	153,75
Junio	-	-	-
Julio	-	-	-
Agosto	-	-	-
Septiembre	-	-	-
Octubre	21	9,3	153,75
Noviembre	21	5,4	205,00
Diciembre	21	2,5	243,11

Tabla 5-28 Pérdidas infiltración sensible

Carga latente:

$$Q_{i,lat} = V \cdot \rho \cdot h_{fg} \cdot (\omega_{ext} - \omega_{int})$$

$Q_{i,lat}$ : carga latente (W)

V: caudal de aire (m<sup>3</sup>/s)

$\rho$ : densidad del aire (kg/m<sup>3</sup>)

$h_{fg}$ : entalpía cambio fase agua (J/kg)

$\omega_{int}$ : humedad interior

$\omega_{ext}$ : humedad exterior

HABITACIÓN	A <sub>v</sub> (m <sup>2</sup> )	A <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	V(m <sup>3</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	H <sub>fg</sub> (J/kgK)	V* $\rho$ * H <sub>fg</sub>
Aseo	0,22	-	0,0001	1,225	2257000	276,48
Salón	5,58	4	0,0056	1,225	2257000	15483,02
Cocina-comedor	1,69	-	0,0008	1,225	2257000	2211,86
Baño	0,22	-	0,0001	1,225	2257000	276,48
Dormitorio 1	2,25	-	0,0011	1,225	2257000	3041,31
Dormitorio 2	2,25	-	0,0011	1,225	2257000	3041,31
Dormitorio 3	1,69	-	0,0008	1,225	2257000	2211,86
Vestíbulo	2,00	-	0,0010	1,225	2257000	2764,83
TOTAL	-	-	-	-	-	29307,15

Tabla 5-29 Pérdidas infiltración latente

MES	T <sub>int</sub> (°C)	T <sub>ext</sub> (°C)	P <sub>atm</sub> (Pa)	P <sub>sint</sub> (Pa)	P <sub>sext</sub> (Pa)	$\phi_{int}$	$\phi_{ext}$
Enero	21	2,4	101325	2487	732	0,5	0,77
Febrero	21	2,3	101325	2487	727	0,5	0,72
Marzo	21	4,6	101325	2487	848	0,5	0,67
Abril	21	6,2	101325	2487	949	0,5	0,66
Mayo	21	9,3	101325	2487	1173	0,5	0,64
Junio	-	-	-	-	-	-	-
Julio	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-
Septiembre	-	-	-	-	-	-	-
Octubre	21	9,3	101325	2487	1173	0,5	0,72
Noviembre	21	5,4	101325	2487	897	0,5	0,76
Diciembre	21	2,5	101325	2487	737	0,5	0,79

Tabla 5-30 Pérdidas infiltración latente

<b>MES</b>	<b><math>w_{int}</math></b>	<b><math>w_{ext}</math></b>	<b><math>Q_{i,l}(W)</math></b>
<i>Enero</i>	0,0077	0,0035	123,09
<i>Febrero</i>	0,0077	0,0032	131,88
<i>Marzo</i>	0,0077	0,0035	123,09
<i>Abril</i>	0,0077	0,0039	111,37
<i>Mayo</i>	0,0077	0,0046	90,85
<i>Junio</i>	-	-	-
<i>Julio</i>	-	-	-
<i>Agosto</i>	-	-	-
<i>Septiembre</i>	-	-	-
<i>Octubre</i>	0,0077	0,0052	73,27
<i>Noviembre</i>	0,0077	0,0042	102,58
<i>Diciembre</i>	0,0077	0,0036	120,16

Tabla 5-31 Pérdidas infiltración latente

### **CARGAS INFILTRACIÓN TOTAL**

<b>MES</b>	<b><math>Q_{i,s}(W)</math></b>	<b><math>Q_{i,l}(W)</math></b>	<b><math>Q_{infiltraciones}(W)</math></b>
<i>Enero</i>	244,42	123,09	367,51
<i>Febrero</i>	245,73	131,88	377,61
<i>Marzo</i>	215,51	123,09	338,60
<i>Abril</i>	194,48	111,37	305,85
<i>Mayo</i>	153,75	90,85	244,60
<i>Junio</i>	-	-	-
<i>Julio</i>	-	-	-
<i>Agosto</i>	-	-	-
<i>Septiembre</i>	-	-	-
<i>Octubre</i>	153,75	73,27	227,02
<i>Noviembre</i>	205,00	102,58	307,58
<i>Diciembre</i>	243,11	120,16	363,27

Tabla 5-32 Pérdidas infiltración total

### **CARGAS DE CALEFACCIÓN TOTALES:**

<b>MES</b>	<b><math>Q_{\text{transmisión}}(\text{W})</math></b>	<b><math>Q_{\text{ventilación}}(\text{W})</math></b>	<b><math>Q_{\text{infiltraciones}}(\text{W})</math></b>	<b><math>Q_{\text{calefacción}}(\text{W})</math></b>
<i>Enero</i>	2609,29	4195,15	367,51	7171,95
<i>Febrero</i>	2622,48	4310,52	377,61	7310,61
<i>Marzo</i>	2319,08	3865,14	338,60	6522,82
<i>Abril</i>	2108,04	3491,32	305,85	5905,21
<i>Mayo</i>	1699,11	2792,13	244,60	4735,84
<i>Junio</i>	-	-	-	-
<i>Julio</i>	-	-	-	-
<i>Agosto</i>	-	-	-	-
<i>Septiembre</i>	-	-	-	-
<i>Octubre</i>	1699,11	2591,4	227,02	4517,53
<i>Noviembre</i>	2213,56	3510,96	307,58	6032,10
<i>Diciembre</i>	2596,08	4146,7	363,27	7106,05

**Tabla 5-33 Carga térmica de calefacción**

Para los meses más fríos, observamos que las cargas son mayores lo que significa que se necesitará más energía para poder cubrir esa demanda.

## **5.2. CARGAS TÉRMICAS DE REFRIGERACIÓN**

Para los meses de verano, en nuestro caso de junio a septiembre, donde las temperaturas son elevadas, vamos a calcular las cargas térmicas para poder dimensionar la instalación de refrigeración y lograr el confort de la vivienda.

Vamos a calcular las cargas térmicas de transmisión, ventilación, infiltraciones, radiación y cargas internas debidas a la ocupación, iluminación y equipos.

Al igual que para las cargas térmicas de calefacción, tendremos en cuenta las condiciones externas más desfavorables, en este caso la temperatura media de máxima.

### **5.2.1. CONDICIONES DE DISEÑO**

Según el RITE, durante los meses de verano la temperatura interior de la vivienda debe estar entre los 23°C y los 25°C, y la humedad relativa entre un 45 y 60%. Para este proyecto vamos a elegir una temperatura de 23°C y una humedad del 55%.

Las condiciones exteriores las obtenemos de la Tabla 4-3 del entorno del proyecto

### **5.2.2. COEFICIENTES GLOBALES DE TRANSMISIÓN DE CALOR**

Volvemos a calcular los coeficientes globales de transferencia de calor de los cerramientos de la vivienda en contacto con el exterior a pesar de que algunos de ellos van a coincidir con los

de calefacción ya que los cerramientos son los mismos. Únicamente van a variar aquellos en los que el sentido de flujo sea el contrario.

La zona climática es la D1, como ya hemos comentado anteriormente y por tanto las transmitancias límites son las mismas que en el apartado de calefacción.

### D.2.13 ZONA CLIMÁTICA D1

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno	<b>U<sub>Mlim</sub>: 0,66 W/m<sup>2</sup> K</b>
Transmitancia límite de suelos	<b>U<sub>Slim</sub>: 0,49 W/m<sup>2</sup> K</b>
Transmitancia límite de cubiertas	<b>U<sub>Clim</sub>: 0,38 W/m<sup>2</sup> K</b>
Factor solar modificado límite de lucernarios	<b>F<sub>Llim</sub>: 0,36</b>

Ilustración 5. Transmitancias límites zona climática D1

Una vez que tenemos la zona climática y las transmitancias límite ya podemos calcular los coeficientes globales. Para ello usamos las siguientes expresiones:

$$U = \frac{1}{R_{total}}$$

$$R_{total} = R_{se} + \sum \frac{e}{k} + R_{si}$$

Las resistencias térmicas superficiales de los cerramientos en contacto con el aire exterior las obtenemos de la tabla que nos proporciona el CTE.

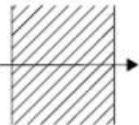
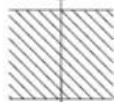
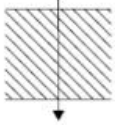
Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m <sup>2</sup> ·K/ W			
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R <sub>se</sub>	R <sub>si</sub>
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17

Ilustración 6. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m<sup>2</sup>K/W



- Coeficiente global térmico del muro exterior

En este caso todo permanece igual, tanto la composición del muro como los coeficientes de convección, por tanto, el coeficiente global de transmisión es el mismo que para calefacción.

$$R = 1,77 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{TOTAL} = 1,94 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/1,94 = 0,52 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{mlim} = 0,66 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow \text{Sí es válido}$$

- Coeficiente global térmico de la cubierta

En este caso, la composición de la cubierta es la misma pero los coeficientes convectivos varían, ya que el flujo de calor ahora es en sentido contrario. Así como para invierno el flujo es ascendente en verano es descendente.

CUBIERTA	Espesor (cm)	Cond. Térmica (W/mK)	Resist. Térmica (m <sup>2</sup> K/W)
Hormigón con áridos	5,00	1,16	0,04
Bovedilla de hormigón	25,00	1,39	0,18
Poliestireno expandido	8,00	0,03	2,42
Yeso	2,00	0,30	0,07
TOTAL			2,71

Tabla 5-34 Resistencias térmicas de la cubierta

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{TOTAL} = 2,92 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/2,92 = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{clim} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow \text{Sí es válido}$$

- Coeficiente global térmico del suelo

El suelo de la planta baja no lo vamos a tener en cuenta para la época de verano ya que la temperatura del terreno es menor que la del interior de la vivienda y por tanto se trata de una ganancia, por ello, no resulta necesario calcular su coeficiente global térmico.

Sin embargo, si lo calculamos para la primera planta ya que tiene voladizos y están en contacto con el aire exterior. Las resistencias de convección van a ser las del flujo de calor ascendente.

SUELO PRIMERA PLANTA	Espesor (cm)	Cond. Térmica (W/mK)	Resist. Térmica (m <sup>2</sup> K/W)
Parquet	2,00	0,17	0,12
Mortero cemento	3,00	1,30	0,02
Hormigón con áridos	5,00	1,16	0,04
Poliestireno expandido	6,00	0,03	2,00
Forjado	25,00	1,65	0,15
TOTAL			2,33

Tabla 5-35 Resistencias térmicas del parquet

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{TOTAL} = 2,47 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1/2,47 = \mathbf{0,40 \text{ W/m}^2\text{K}} < U_{slim} = 0,49 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow \text{Sí es válido}$$

- Coeficiente global térmico de las ventanas

Las ventanas son las mismas en invierno y en verano, por tanto la transmitancia es la misma,  $U = \mathbf{0,9 \text{ W/m}^2\text{K}}$ .

- Coeficiente global térmico de las puertas

Al igual que en el caso de las ventanas, las puertas no cambian su coeficiente global cuyo valor es  $\mathbf{3 \text{ W/m}^2\text{K}}$ .

### 5.2.3. CÁLCULO CARGAS TÉRMICAS

- CARGAS DE TRANSMISIÓN

Son las cargas térmicas transmitidas a través de los cerramientos que son las paredes, techos y suelos.

$$Q = U \cdot A \cdot (T_{ext} - T_{int})$$

➤ Pérdidas por transmisión en el muro

<b>HABITACIÓN</b>	<b>A<sub>m</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U<sub>m</sub> ( W/m<sup>2</sup>K )</b>	<b>A<sub>m</sub>*U<sub>m</sub></b>
<i>Aseo</i>	8,92	0,52	4,64
<i>Salón</i>	18,28	0,52	9,50
<i>Cocina-comedor</i>	17,70	0,52	9,20
<i>Baño</i>	4,19	0,52	2,18
<i>Dormitorio 1</i>	17,08	0,52	8,88
<i>Dormitorio 2</i>	17,58	0,52	9,14
<i>Dormitorio 3</i>	13,52	0,52	7,03
<i>Vestíbulo</i>	27,50	0,52	14,30
<b>TOTAL</b>	-	-	64,87

Tabla 5-36 Pérdidas mensuales de transmisión en el muro

<b>MES</b>	<b>T<sub>int</sub> (°C)</b>	<b>T<sub>ext</sub> (°C)</b>	<b>Q<sub>m</sub>(W)</b>
<i>Junio</i>	23	25,3	149,20
<i>Julio</i>	23	28,1	330,84
<i>Agosto</i>	23	28,2	337,32
<i>Septiembre</i>	23	23,6	38,92

Tabla 5-37 Pérdidas mensuales de transmisión en el muro

➤ Pérdidas por transmisión en la cubierta

<b>HABITACIÓN</b>	<b>A<sub>c</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U<sub>c</sub> ( W/m<sup>2</sup>K )</b>	<b>A<sub>c</sub>*U<sub>c</sub></b>
<i>Baño</i>	4,96	0,34	1,69
<i>Dormitorio 1</i>	16,48	0,34	5,60
<i>Dormitorio 2</i>	16,13	0,34	5,48
<i>Dormitorio 3</i>	10,59	0,34	3,60
<i>Vestíbulo</i>	27,39	0,34	9,31
<b>TOTAL</b>	-	-	25,68

Tabla 5-38 Pérdidas mensuales de transmisión en la cubierta

<b>MES</b>	<b>T<sub>int</sub> (°C)</b>	<b>T<sub>ext</sub> (°C)</b>	<b>Q<sub>c</sub>(W)</b>
<i>Junio</i>	23	25,3	59,06
<i>Julio</i>	23	28,1	130,97
<i>Agosto</i>	23	28,2	133,54
<i>Septiembre</i>	23	23,6	15,41

Tabla 5-39 Pérdidas mensuales de transmisión en la cubierta

➤ Pérdidas por transmisión en el suelo en contacto con el aire exterior

<b>HABITACIÓN</b>	<b>A<sub>s</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U<sub>s</sub> ( W/m<sup>2</sup>K )</b>	<b>A<sub>s</sub>*U<sub>s</sub></b>
<i>Baño</i>	3,55	0,4	1,42
<i>Dormitorio 1</i>	16,48	0,4	6,59
<i>Dormitorio 2</i>	6,15	0,4	2,46
<i>Dormitorio 3</i>	8,61	0,4	3,44
<b>TOTAL</b>	-	-	13,91

Tabla 5-40 Pérdidas mensuales de transmisión en el suelo

<b>MES</b>	<b>T<sub>int</sub> (°C)</b>	<b>T<sub>ext</sub> (°C)</b>	<b>Q<sub>s</sub>(W)</b>
<i>Junio</i>	23	25,3	31,99
<i>Julio</i>	23	28,1	70,94
<i>Agosto</i>	23	28,2	72,33
<i>Septiembre</i>	23	23,6	8,35

Tabla 5-41 Pérdidas mensuales de transmisión en el suelo

➤ Pérdidas por transmisión en las ventanas

<b>HABITACIÓN</b>	<b>A<sub>v</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U<sub>v</sub> ( W/m<sup>2</sup>K )</b>	<b>A<sub>v</sub>*U<sub>v</sub></b>
<i>Aseo</i>	0,22	1,3	0,29
<i>Salón</i>	5,58	1,3	7,25
<i>Cocina-comedor</i>	1,69	1,3	2,20
<i>Baño</i>	0,22	1,3	0,29
<i>Dormitorio 1</i>	2,25	1,3	2,92
<i>Dormitorio 2</i>	2,25	1,3	2,92
<i>Dormitorio 3</i>	1,69	1,3	2,20
<i>Vestíbulo</i>	2,00	1,3	2,60
<b>TOTAL</b>	-	-	20,67

Tabla 5-42 Pérdidas mensuales de transmisión en las ventanas

<b>MES</b>	<b>T<sub>int</sub> (°C)</b>	<b>T<sub>ext</sub> (°C)</b>	<b>Q<sub>v</sub>(W)</b>
<i>Junio</i>	23	25,3	47,54
<i>Julio</i>	23	28,1	105,42
<i>Agosto</i>	23	28,2	107,48
<i>Septiembre</i>	23	23,6	12,40

Tabla 5-43 Pérdidas mensuales de transmisión en las ventanas

➤ Pérdidas por transmisión en las puertas

<b>HABITACIÓN</b>	<b>A<sub>p</sub> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U<sub>p</sub> ( W/m<sup>2</sup>K )</b>	<b>A<sub>p</sub>*U<sub>p</sub></b>
Salón	4	3,00	12,00
<b>TOTAL</b>	-	-	12,00

Tabla 5-44 Pérdidas mensuales de transmisión en las puertas

<b>MES</b>	<b>T<sub>int</sub> (°C)</b>	<b>T<sub>ext</sub> (°C)</b>	<b>Q<sub>p</sub>(W)</b>
Junio	23	25,3	27,60
Julio	23	28,1	61,20
Agosto	23	28,2	62,40
Septiembre	23	23,6	7,20

Tabla 5-45 Pérdidas mensuales de transmisión en las puertas

**CARGAS TRANSMISIÓN TOTAL**

<b>MES</b>	<b>Q<sub>m</sub>(W)</b>	<b>Q<sub>c</sub>(W)</b>	<b>Q<sub>s</sub>(W)</b>	<b>Q<sub>v</sub>(W)</b>	<b>Q<sub>p</sub>(W)</b>	<b>Q<sub>transmisión</sub>(W)</b>
Junio	149,20	59,06	31,99	47,54	27,60	315,39
Julio	330,84	130,97	70,94	105,42	61,20	699,37
Agosto	337,32	133,54	72,33	107,48	62,40	713,07
Septiembre	38,92	15,41	8,35	12,40	7,20	82,28

Tabla 5-46 Pérdidas de transmisión total

• **CARGAS DE VENTILACIÓN**

Se calculan de la misma forma que las cargas de calefacción.

Los caudales mínimos para ventilación son iguales que para el caso de calefacción, por tanto, hacemos uso de los datos de la Tabla 5-20.

Carga sensible:

$$Q_{v,sens} = V \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{ext} - T_{int})$$

<b>HABITACIÓN</b>	<b>V (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>ρ (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>C<sub>p</sub> (J/kgK)</b>	<b>V* ρ* C<sub>p</sub></b>
Aseo	0,015	1,225	1012	18,60
Salón	0,01	1,225	1012	12,40
Cocina-comedor	0,05	1,225	1012	61,99
Baño	0,015	1,225	1012	18,60
Dormitorio 1	0,004	1,225	1012	4,96
Dormitorio 2	0,008	1,225	1012	9,92
Dormitorio 3	0,004	1,225	1012	4,96
Vestíbulo	0,015	1,225	1012	18,60
<b>TOTAL</b>	-	-	-	150,00

Tabla 5-47 Pérdidas por ventilación sensible

MES	T <sub>int</sub> (°C)	T <sub>ext</sub> (°C)	Q <sub>v,s</sub> (W)
Junio	23	25,3	345,00
Julio	23	28,1	765,00
Agosto	23	28,2	780,00
Septiembre	23	23,6	90,00

Tabla 5-48 Pérdidas por ventilación sensible

Carga latente:

$$Q_{v,lat} = V \cdot \rho \cdot h_{fg} \cdot (\omega_{ext} - \omega_{int})$$

Para el cálculo de la carga de ventilación latente vamos a hacer uso de la tabla de propiedades termodinámicas del agua saturada.

HABITACIÓN	V (m³/s)	ρ (kg/m³)	H <sub>fg</sub> (J/kgK)	V* ρ* H <sub>fg</sub>
Aseo	0,015	1,225	2257000	41472,38
Salón	0,01	1,225	2257000	27648,25
Cocina-comedor	0,05	1,225	2257000	138241,25
Baño	0,015	1,225	2257000	41472,38
Dormitorio 1	0,004	1,225	2257000	11059,30
Dormitorio 2	0,008	1,225	2257000	22118,60
Dormitorio 3	0,004	1,225	2257000	11059,30
Vestíbulo	0,015	1,225	2257000	41472,38
TOTAL	-	-	-	334543,83

Tabla 5-49 Pérdidas por ventilación latente

MES	T <sub>int</sub> (°C)	T <sub>ext</sub> (°C)	P <sub>atm</sub> (Pa)	P <sub>sint</sub> (Pa)	P <sub>sext</sub> (Pa)	φ <sub>int</sub>	φ <sub>ext</sub>
Junio	23	25,3	101325	2810	3227	0,55	0,62
Julio	23	28,1	101325	2810	3805	0,55	0,60
Agosto	23	28,2	101325	2810	3827	0,55	0,60
Septiembre	23	23,6	101325	2810	2915	0,55	0,65

Tabla 5-50 Pérdidas por ventilación latente

$$w_{int} = 0,622 \cdot \frac{\phi_i \cdot P_{sat}(T_{int})}{P_{atm} - \phi_i \cdot P_{sat}(T_{int})}$$

$$w_{ext} = 0,622 \cdot \frac{\phi_e \cdot P_{sat}(T_{ext})}{P_{atm} - \phi_e \cdot P_{sat}(T_{ext})}$$

MES	$w_{int}$	$w_{ext}$	$Q_{v,l}(W)$
Junio	0,010	0,013	1003,63
Julio	0,010	0,014	1338,18
Agosto	0,010	0,014	1338,18
Septiembre	0,010	0,012	669,09

Tabla 5-51 Pérdidas por ventilación latente

### CARGAS VENTILACIÓN TOTAL

MES	$Q_{v,s}$	$Q_{v,l}$	$Q_{ventilación}(W)$
Junio	345,00	1003,63	1348,63
Julio	765,00	1338,18	2103,18
Agosto	780,00	1338,18	2118,18
Septiembre	90,00	669,09	759,09

Tabla 5-52 Pérdidas por ventilación totales

- CARGAS DE INFILTRACIÓN

Son las cargas debidas al aire que entra a la vivienda por los intersticios. El cálculo se realiza de la misma manera que las cargas de ventilación tomando como referencia los caudales de pérdidas del manual de aire acondicionado de Carrier:

Ventanas: 1,8 m<sup>3</sup>/h

Puertas: 2,5 m<sup>3</sup>/h

$$V_{habitación} = \frac{Q_v}{3600} * A_{ventana} + \frac{Q_p}{3600} * A_{puerta}$$

Carga sensible:

$$Q_{i,sens} = V \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_{int} - T_{ext})$$

HABITACIÓN	$A_v (m^2)$	$A_p (m^2)$	$V(m^3)$	$\rho (kg/m^3)$	$C_p (J/kgK)$	$V \cdot \rho \cdot C_p$
Aseo	0,22	-	0,0001	1,225	1012	0,12
Salón	5,58	4	0,0056	1,225	1012	6,94
Cocina-comedor	1,69	-	0,0008	1,225	1012	0,99
Baño	0,22	-	0,0001	1,225	1012	0,12
Dormitorio 1	2,25	-	0,0011	1,225	1012	1,36
Dormitorio 2	2,25	-	0,0011	1,225	1012	1,36
Dormitorio 3	1,69	-	0,0008	1,225	1012	0,99
Vestíbulo	2,00	-	0,0010	1,225	1012	1,24
TOTAL	-	-	-	-	-	13,14

Tabla 5-53 Pérdidas por infiltración sensible

MES	T <sub>int</sub> (°C)	T <sub>ext</sub> (°C)	Q <sub>i,s</sub> (W)
Junio	23	25,3	30,22
Julio	23	28,1	67,01
Agosto	23	28,2	68,33
Septiembre	23	23,6	7,88

Tabla 5-54 Pérdidas por infiltración sensible

Carga latente:

$$Q_{i,lat} = V \cdot \rho \cdot h_{fg} \cdot (\omega_{ext} - \omega_{int})$$

HABITACIÓN	A <sub>v</sub> (m²)	A <sub>p</sub> (m²)	V(m³)	ρ (kg/m³)	H <sub>fg</sub> (J/kgK)	V* ρ* H <sub>fg</sub>
Aseo	0,22	-	0,0001	1,225	2257000	276,48
Salón	5,58	4	0,0056	1,225	2257000	15483,02
Cocina-comedor	1,69	-	0,0008	1,225	2257000	2211,86
Baño	0,22	-	0,0001	1,225	2257000	276,48
Dormitorio 1	2,25	-	0,0011	1,225	2257000	3041,31
Dormitorio 2	2,25	-	0,0011	1,225	2257000	3041,31
Dormitorio 3	1,69	-	0,0008	1,225	2257000	2211,86
Vestíbulo	2,00	-	0,0010	1,225	2257000	2764,83
TOTAL	-	-	-	-	-	29307,15

Tabla 5-55 Pérdidas por infiltración latente

MES	T <sub>int</sub> (°C)	T <sub>ext</sub> (°C)	P <sub>atm</sub> (Pa)	P <sub>sint</sub> (Pa)	P <sub>sext</sub> (Pa)	φ <sub>int</sub>	φ <sub>ext</sub>
Junio	23	25,3	101325	2810	3227	0,55	0,62
Julio	23	28,1	101325	2810	3805	0,55	0,60
Agosto	23	28,2	101325	2810	3827	0,55	0,60
Septiembre	23	23,6	101325	2810	2915	0,55	0,65

Tabla 5-56 Pérdidas por infiltración latente

MES	w <sub>int</sub>	w <sub>ext</sub>	Q <sub>i,l</sub> (W)
Junio	0,010	0,013	87,92
Julio	0,010	0,014	117,23
Agosto	0,010	0,014	117,23
Septiembre	0,010	0,012	58,61

Tabla 5-57 Pérdidas por infiltración latente



### CARGAS INFILTRACIÓN TOTAL

MES	$Q_{i,s}$	$Q_{i,l}$	$Q_{infiltraciones}(W)$
Junio	30,22	87,92	118,14
Julio	67,01	117,23	184,24
Agosto	68,33	117,23	185,56
Septiembre	7,88	58,61	66,49

Tabla 5-58 Pérdidas por infiltración total

- CARGAS DE RADIACIÓN

Estas cargas son las debidas a la radiación solar que entra por las ventanas y que aportan calor a nuestra vivienda. Esta radiación depende de la orientación de las ventanas ya que solo se tendrá en cuenta aquellas que estén orientadas al sur.

Para poder calcular la transmisión de calor usamos la siguiente expresión:

$$Q_{radiación} = A_{ventana} * I * F$$

MES	$A_{ventana} (m^2)$	$I (W/m^2)$	F	$Q_{radiación}(W)$
Junio	8,05	277	0,6	1337,91
Julio	8,05	287	0,6	1386,21
Agosto	8,05	246	0,6	1188,18
Septiembre	8,05	184	0,6	888,72

Tabla 5-59 Pérdidas por radiación

- CARGAS INTERNAS

Son aquellas debidas a la ocupación, iluminación y presencia de equipos electrónicos en la vivienda.

➤ Ocupación

La ocupación de esta vivienda es de 5 personas. La carga sensible y latente depende de la actividad que estén realizando las personas y en este caso vamos a suponer que estarán en reposo. El valor de la carga sensible es de 60W y el de la carga latente de 70W. Además vamos a aplicar un factor de simultaneidad ya que es posible que no todos los ocupantes se encuentren en la casa al mismo tiempo ni que la casa esté ocupada las 24 horas del día, por ello tomamos un factor de valor 0,75.

$$Q_{ocupación} = Q_{sensible} * N^0_{personas} * f_{simultaneidad} + Q_{latente} * N^0_{personas} * f_{simultaneidad}$$

$$Q_{ocupación} = 60 * 5 * 0,75 + 70 * 5 * 0,75 = 487,5 W$$

➤ Iluminación

Para calcular la carga por iluminación tenemos en cuenta todas las bombillas de la casa y fijamos un valor de 10W para la potencia de cada una de ellas. Todas las bombillas empleadas son incandescentes.

$$Q_{iluminación} = Q_{bombilla} * N^0_{bombillas}$$

$$Q_{iluminación} = 10 * 28 = 280 \text{ W}$$

➤ Equipos

En el caso de los equipos vamos a considerar únicamente los que estén más horas en funcionamiento, en este caso, una televisión, un frigorífico combi y un ordenador.

<b>Equipo</b>	<b>Q<sub>equipos</sub>(W)</b>
Televisión	150
Frigorífico	300
Ordenador	250
<b>TOTAL</b>	<b>700</b>

Tabla 5-60 Pérdidas por equipos

**CARGAS DE REFRIGERACIÓN TOTALES:**

<b>MES</b>	<b>Q<sub>transmisión</sub> (W)</b>	<b>Q<sub>ventilación</sub> (W)</b>	<b>Q<sub>infiltraciones</sub> (W)</b>	<b>Q<sub>radiación</sub> (W)</b>	<b>Q<sub>interna</sub> (W)</b>	<b>Q<sub>refrigeración</sub> (W)</b>
Junio	315,39	1348,63	118,14	1337,91	700	3820,07
Julio	699,37	2103,18	184,24	1386,21	700	5073,00
Agosto	713,07	2118,18	185,56	1188,18	700	4904,99
Septiembre	82,28	759,09	66,49	888,72	700	2496,58

Tabla 5-61 Carga térmica de refrigeración

### **CARGAS TOTALES DE CLIMATIZACIÓN:**

<b>MES</b>	<b><math>Q_{\text{calefacción}}</math>(W)</b>
<i>Enero</i>	7171,95
<i>Febrero</i>	7310,61
<i>Marzo</i>	6522,82
<i>Abril</i>	5905,21
<i>Mayo</i>	4735,84
<i>Junio</i>	3820,07
<i>Julio</i>	5073,00
<i>Agosto</i>	4904,99
<i>Septiembre</i>	2496,58
<i>Octubre</i>	4517,53
<i>Noviembre</i>	6032,10
<i>Diciembre</i>	7106,05

**Tabla 5-62 Cargas totales climatización**

Analizando la tabla, observamos que las cargas térmicas para los meses de verano son menores que para invierno, esto puede ser debido a que las diferencias de temperatura entre el interior y el exterior de la vivienda sean mayores en invierno.

## 6. AGUA CALIENTE SANITARIA

La obtención de agua caliente sanitaria la vamos a realizar mediante la energía solar térmica que captan los colectores y para ello necesitamos calcular la demanda de la misma.

Se trata de un sistema extendido a nivel nacional gracias a la exigencia del CTE de implantarlo en las viviendas de nueva construcción y reforma, obteniendo grandes beneficios energéticos y económicos.

Hay que tener en cuenta que es necesario un sistema de aporte auxiliar del cual hablaremos más adelante. El aporte auxiliar se empleara únicamente cuando la instalación solar no pueda cubrir la demanda.

### 6.1. CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE ACS

Para el cálculo de la demanda de agua caliente sanitaria vamos a hacer uso del CTE, concretamente del documento HE4, donde se especifica la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, de donde obtendremos la demanda de referencia a 60°C de una persona y el número de personas que habitan la vivienda.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Tabla 6-1 Demandas de referencia a 60 °C

Al tratarse de una vivienda unifamiliar de uso residencial el número de personas viene dado en la siguiente tabla que nos proporciona el CTE:

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

Tabla 6-2 Estimación del número de personas por dormitorio en la vivienda

El CTE nos indica que el número mínimo de personas que ocupan la vivienda es 4 ya que consta de 3 dormitorios, pero en nuestra vivienda sabemos que viven 5 personas, por tanto, escogemos el dato más desfavorable que en este caso concreto sería 5.

Ahora podemos calcular la demanda de ACS por día:

$$D_{60} = 5 \text{ personas} * 30 \frac{\frac{l}{\text{día}}}{\text{persona}} = 150 \frac{l}{\text{día}}$$

En nuestro caso el consumo se realizará a 60°C por tanto no hay que realizar ninguna operación adicional.

## 6.2. CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA

A partir de la demanda diaria calculada vamos a obtener la contribución solar mínima para la zona climática donde se encuentra nuestra vivienda que, como se ha visto anteriormente, pertenece a la zona II:

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70

Tabla 6-3 Contribución solar mínima en %

Este dato nos indica que nuestra instalación deberá cubrir al menos un 30% de la energía demandada.

Teniendo en cuenta los días de todos los meses del año, calculamos la demanda de agua caliente sanitaria anual según la siguiente ecuación:

$$Q_{ACS} = D_{diaria} * \rho * C_p * (T_{sum} - T_{red}) * N$$

$Q_{ACS}$ : demanda carga térmica para ACS (MJ/mes)

$D_{diaria}$ : demanda diaria (l/día)

$\rho$ : densidad del agua (kg/l)

$C_p$ : capacidad calorífica del agua (J/kgK)

$T_{sum}$ : temperatura de suministro de agua, 60 °C

$T_{red}$ : temperatura de agua de red (°C)

N: número de días de cada mes

MES	Nº días	Demanda diaria (l/día)	$\rho_{agua}$ (kg/l)	$C_p$ (J/kgK)	$T_{sum}$ (°C)	$T_{red}$ (°C)	$Q_{ACS}$ (MJ/mes)
Enero	31	150	1	4180	60	7	1030,16
Febrero	28	150	1	4180	60	8	912,91
Marzo	31	150	1	4180	60	9	991,29
Abril	30	150	1	4180	60	10	940,50
Mayo	31	150	1	4180	60	12	932,98
Junio	30	150	1	4180	60	15	846,45
Julio	31	150	1	4180	60	17	835,79
Agosto	31	150	1	4180	60	17	835,79
Septiembre	30	150	1	4180	60	16	827,64
Octubre	31	150	1	4180	60	13	913,54
Noviembre	30	150	1	4180	60	9	959,31
Diciembre	31	150	1	4180	60	7	1030,16
TOTAL							11056,52

Tabla 6-4 Demanda de ACS

La gráfica de la demanda de ACS es la siguiente:

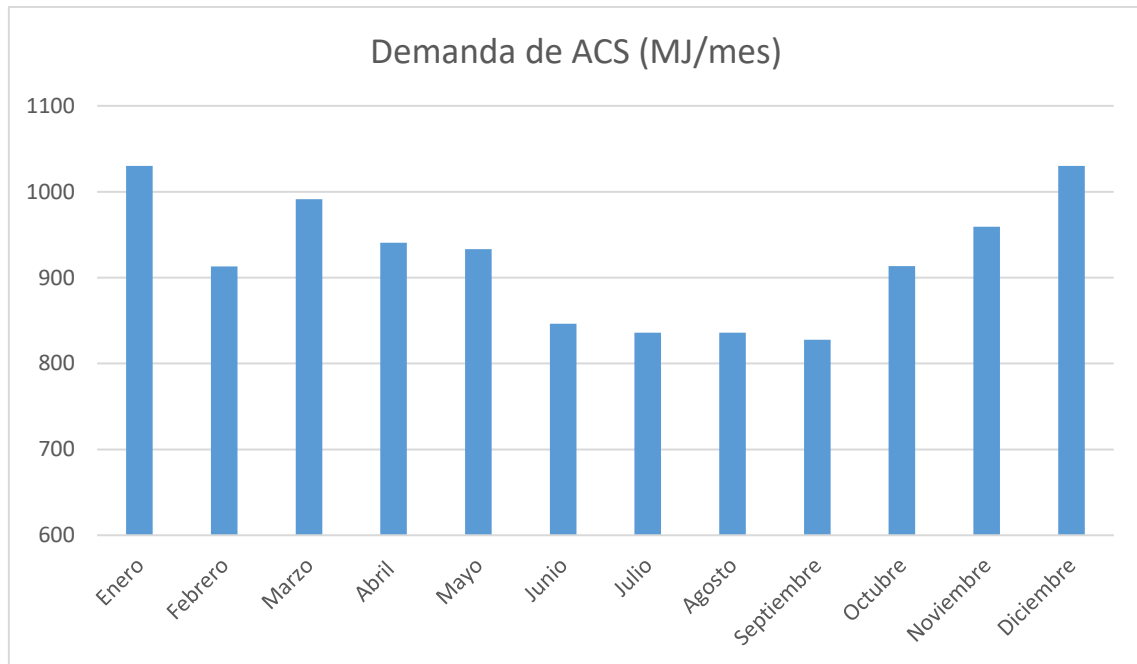


Gráfico 6.1 Demanda de ACS

Se puede observar que en los meses de invierno la demanda va a ser mayor ya que las temperaturas de red son más bajas.

Ahora que ya tenemos los datos de la demanda de ACS y la contribución solar mínima, ya podemos proceder a realizar los cálculos necesarios para el diseño de la instalación solar de la vivienda.

## 7. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

---

### 7.1. DIMENSIONADO DEL NÚMERO DE COLECTORES PARA ACS

A continuación se va a calcular el número de colectores solares necesario para ACS.

Para ello vamos a necesitar datos de un acumulador de calor que puede almacenar el agua caliente. Como se ha calculado anteriormente, el consumo medio diario de agua caliente es de 150 litros, por tanto, seleccionamos el depósito de la marca Lapesa de 150 litros.

Vamos a emplear el método f-Chart para estimar la cobertura solar para determinar la aportación del calor total necesario para cubrir las cargas térmicas y su rendimiento.

El parámetro f es la fracción de la carga calorífica mensual aportada por el sistema de energía solar.

Para ello vamos a seguir una secuencia de cálculo:

1. Valoración de las cargas caloríficas para el calentamiento de agua destinada a la producción de ACS o calefacción
2. Valoración de la radiación solar incidente en la superficie inclinada del captador.
3. Cálculo del parámetro  $D_1$ .
4. Cálculo del parámetro  $D_2$ .
5. Determinación de f.
6. Valoración de la cobertura solar mensual.
7. Valoración de la cobertura solar anual.

#### Dimensionado. Método f-chart

1. Carga calorífica: es la energía necesaria para calentar agua para la producción de ACS.

$$Q_c = V_{agua} * \rho * C_p * (T_{ACS} - T_{red}) * N$$

Anteriormente, en el apartado de agua caliente sanitaria, ya hemos calculado la energía que requiere la instalación para calentar el agua de red hasta la temperatura de consumo, por tanto hacemos uso de esos datos:



MES	Q <sub>c</sub> (MJ/mes)
Enero	1030,16
Febrero	912,91
Marzo	991,29
Abril	940,50
Mayo	932,98
Junio	846,45
Julio	835,79
Agosto	835,79
Septiembre	827,64
Octubre	913,54
Noviembre	959,31
Diciembre	1030,16
TOTAL	11056,52

Tabla 7-1 Carga calorífica ACS

2. Radiación incidente: la obtenemos de la siguiente tabla que nos facilita la UNE 94002.

Escogemos como válidos los datos para la localidad de Pamplona ya que Estella se encuentra en la misma zona climática, debido a su proximidad, y tienen la misma latitud.

Localidad	EN	FE	MA	AB	MY	JU	JL	AG	SE	OC	NO	DI
Logroño	1.7	2.5	4.1	4.9	5.7	6.8	7.0	6.1	4.9	3.3	2.0	1.4
L. Palmas	3.3	4.2	4.8	5.3	5.5	5.7	6.5	6.1	5.2	4.2	3.5	3.2
Lugo	1.6	2.3	3.7	4.9	5.1	6.4	6.4	5.7	4.6	2.9	1.9	1.3
Lanzarote	3.2	4.1	4.8	5.6	6.0	6.2	6.3	5.8	4.9	4.2	3.4	3.0
Madrid	2.0	2.9	4.3	5.4	6.5	7.3	7.6	6.7	5.3	3.6	2.4	1.8
Málaga	2.4	3.3	4.7	5.3	6.7	7.2	7.2	6.3	5.1	3.7	2.8	2.1
Mejilla	2.8	3.6	5.0	5.7	6.6	7.0	7.0	6.2	5.2	4.1	3.1	2.6
Menorca	2.2	2.9	4.3	5.0	6.0	6.7	6.8	5.9	4.7	3.4	2.5	1.9
Murcia	2.3	3.2	4.7	5.4	6.3	7.2	7.4	6.1	5.0	3.7	2.7	2.1
Oviedo	1.4	2.0	3.4	4.0	4.4	4.7	4.6	4.4	3.6	2.4	1.6	1.2
Pamplona	1.5	2.2	3.3	4.3	4.6	5.6	5.8	4.9	4.3	2.7	1.7	1.2
P.Mallorc	2.0	2.6	4.2	4.9	6.0	6.7	6.7	5.9	4.6	3.3	2.4	1.8

Tabla 7-2 Radiación incidente

3. Cálculo del parámetro D1:

$$D_1 = \frac{E_a}{Q_c}$$

$$E_a = S * F'_R * (\tau * \alpha) * E_{dia} * N$$

$$F'_R * (\tau * \alpha) = F_R * (\tau * \alpha)_n * \left[ \frac{(\tau * \alpha)}{(\tau * \alpha)_n} \right] * \left( \frac{F'_R}{F_R} \right)$$

$E_a$ : energía absorbida (MJ)

$S$ : superficie captación ( $m^2$ )

$E_{\text{día}}$ : energía solar media diaria ( $\text{kJ}/m^2$ )

$N$ : número de días del mes

$Q_c$ : carga calorífica (MJ)

$F_R * (\tau * \alpha)_n$ : eficiencia óptima del captador

$(\tau * \alpha) / (\tau * \alpha)_n$ : modificador ángulo de incidencia (normal 0,96)

$F'_R / F_R$ : corrección captador-intercambiador (normal 0,95)

<b>MES</b>	<b>N</b>	<b>S</b>	<b><math>F'_R * (\tau * \alpha)</math></b>	<b><math>E_{\text{día}}(\text{kJ}/m^2)</math></b>	<b><math>E_a(\text{MJ})</math></b>
<i>Enero</i>	31	1,9	0,72	5400	229,00
<i>Febrero</i>	28	1,9	0,72	7920	303,37
<i>Marzo</i>	31	1,9	0,72	11880	503,81
<i>Abril</i>	30	1,9	0,72	15480	635,30
<i>Mayo</i>	31	1,9	0,72	16560	702,28
<i>Junio</i>	30	1,9	0,72	20160	827,37
<i>Julio</i>	31	1,9	0,72	20880	885,48
<i>Agosto</i>	31	1,9	0,72	17640	748,08
<i>Septiembre</i>	30	1,9	0,72	15480	635,30
<i>Octubre</i>	31	1,9	0,72	9720	412,21
<i>Noviembre</i>	30	1,9	0,72	6120	251,16
<i>Diciembre</i>	31	1,9	0,72	4320	183,20

Tabla 7-3 Energía absorbida ACS

<b>MES</b>	<b><math>Q_c(\text{MJ}/\text{mes})</math></b>	<b><math>E_a(\text{MJ})</math></b>	<b><math>D_1</math></b>
<i>Enero</i>	1030,16	229,00	0,22
<i>Febrero</i>	912,91	303,37	0,33
<i>Marzo</i>	991,29	503,81	0,51
<i>Abril</i>	940,50	635,30	0,68
<i>Mayo</i>	932,98	702,28	0,75
<i>Junio</i>	846,45	827,37	0,98
<i>Julio</i>	835,79	885,48	1,06
<i>Agosto</i>	835,79	748,08	0,90
<i>Septiembre</i>	827,64	635,30	0,77
<i>Octubre</i>	913,54	412,21	0,45
<i>Noviembre</i>	959,31	251,16	0,26
<i>Diciembre</i>	1030,16	183,20	0,18

Tabla 7-4 Determinación del parámetro  $D_1$  para ACS

#### 4. Cálculo del parámetro D2:

$$D_2 = \frac{E_p}{Q_c}$$

$$E_p = S * F'_R * U * (T_{ref} - T_a) * \Delta t * K_1$$

$$F'_R * U = F_R * U * \left( \frac{F'_R}{F_R} \right)$$

$$K_1 = \left[ \frac{kg \text{ acumulación}}{75 * S} \right]^{-0,25}$$

$$37,5 < \frac{kg \text{ acumulación}}{m^2 \text{ captador}} < 300$$

$E_p$ : energía perdida (MJ)

$S$ : superficie captación ( $m^2$ )

$U$ : factor de pérdidas ( $W/m^2K$ )

$T_{ref}$ : temperatura de referencia (normalmente 100 °C)

$T_a$ : temperatura ambiente (°C)

$Q_c$ : carga calorífica (MJ)

$\Delta t$ : intervalo de tiempo estudiado

$K_1$ : factor de corrección por almacenamiento

Primero vamos a calcular el valor del factor  $K_1$ :

$$K_1 = \left[ \frac{kg \text{ acumulación}}{75 * S} \right]^{-0,25} = \left[ \frac{150 * 1,9 * 1}{75 * 1,9} \right]^{-0,25} = 0,84$$

MES	S	$F'_R * U$	$T_{ref}$	$T_a$	$\Delta t$	$K_1$	$E_p(MJ)$
Enero	1,9	3,73	100	5,6	744	0,84	1505,18
Febrero	1,9	3,73	100	6,1	672	0,84	1352,32
Marzo	1,9	3,73	100	9,2	744	0,84	1447,78
Abril	1,9	3,73	100	11,0	720	0,84	1373,31
Mayo	1,9	3,73	100	14,7	744	0,84	1360,09
Junio	1,9	3,73	100	18,6	720	0,84	1256,04
Julio	1,9	3,73	100	20,8	744	0,84	1262,82
Agosto	1,9	3,73	100	20,9	744	0,84	1261,23
Septiembre	1,9	3,73	100	17,3	720	0,84	1276,09
Octubre	1,9	3,73	100	13,7	744	0,84	1376,03
Noviembre	1,9	3,73	100	8,8	720	0,84	1407,24
Diciembre	1,9	3,73	100	5,6	744	0,84	1505,18

Tabla 7-5 Energía perdida ACS

MES	$Q_c(MJ/mes)$	$E_p(MJ)$	$D_2$
Enero	1030,16	1505,18	1,46
Febrero	912,91	1352,32	1,48
Marzo	991,29	1447,78	1,46
Abril	940,50	1373,31	1,46
Mayo	932,98	1360,09	1,46
Junio	846,45	1256,04	1,48
Julio	835,79	1262,82	1,51
Agosto	835,79	1261,23	1,51
Septiembre	827,64	1276,09	1,54
Octubre	913,54	1376,03	1,51
Noviembre	959,31	1407,24	1,47
Diciembre	1030,16	1505,18	1,46

Tabla 7-6 Determinación del parámetro D2 para ACS

5. Determinación de f:

$$f = 1,029 * D_1 - 0,065 * D_2 - 0,245 * D_1^2 + 0,0018 * D_2^2 + 0,0215 * D_1^3$$

$$Q_u = f * Q_c$$

MES	$D_1$	$D_2$	f	$Q_c(MJ/mes)$	$Q_u(MJ/mes)$
Enero	0,22	1,46	0,12	1030,16	123,62
Febrero	0,33	1,48	0,22	912,91	200,84
Marzo	0,51	1,46	0,37	991,29	366,78
Abril	0,68	1,46	0,50	940,50	470,25
Mayo	0,75	1,46	0,55	932,98	513,14
Junio	0,98	1,48	0,70	846,45	592,52
Julio	1,06	1,51	0,75	835,79	626,84
Agosto	0,90	1,51	0,65	835,79	543,26
Septiembre	0,77	1,54	0,56	827,64	463,48
Octubre	0,45	1,51	0,32	913,54	292,33
Noviembre	0,26	1,47	0,16	959,31	153,49
Diciembre	0,18	1,46	0,09	1030,16	92,71

Tabla 7-7 Fracción solar aportada por la instalación

6. Cobertura solar mensual:

$$Aporte\ solar\ mensual = \frac{Q_u}{Q_c} = f$$

MES	Q <sub>c</sub> (MJ/mes)	Q <sub>u</sub> (MJ/mes)	Aporte solar mensual (%)
Enero	1030,16	123,62	12%
Febrero	912,91	200,84	22%
Marzo	991,29	366,78	37%
Abril	940,50	470,25	50%
Mayo	932,98	513,14	55%
Junio	846,45	592,52	70%
Julio	835,79	626,84	75%
Agosto	835,79	543,26	65%
Septiembre	827,64	463,48	56%
Octubre	913,54	292,33	32%
Noviembre	959,31	153,49	16%
Diciembre	1030,16	92,71	9%

Tabla 7-8 Aporte solar mensual

7. Cobertura solar anual:

$$Aporte\ solar\ anual = \frac{\sum_{m=1}^{12} Q_{u_m}}{\sum_{m=1}^{12} Q_{c_m}}$$

$$\sum_{m=1}^{12} Q_{u_m} = 4439,26\ MJ$$

$$\sum_{m=1}^{12} Q_{c_m} = 11056,52\ MJ$$

$$Aporte\ solar\ anual = 40,2\ \%$$

Podemos observar que con la estimación de 1 placa se alcanza un rendimiento mayor al 30% que es el exigido por el CTE. Además en ninguno de los meses se sobrepasa el 110 % ni se excede en más del 100 % tres meses seguidos.

Por lo tanto, concluimos que el número de colectores para ACS va a ser uno y que la fracción de energía aportada por la instalación será del 40,2 %.

## 7.2. DIMENSIONADO DEL NÚMERO DE COLECTORES PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

Para realizar el cálculo del número de colectores para calefacción vamos a volver a emplear el método f-Chart.

1. Carga calorífica: es la energía necesaria para calentar agua para calefacción y refrigeración.

Al igual que en el caso de agua caliente sanitaria, la carga calorífica de calefacción y refrigeración se han calculado en el apartado de cargas térmicas, lo único que vamos a realizar es sumarmas y multiplicarlas por el número de días de cada mes, pasándolo de vatios a julios (1kWh = 3,6 MJ) para tener todos los datos en las mismas unidades y poder realizar los cálculos.

Para el caso de refrigeración, las cargas sí que van a cambiar ya que al hacer uso de una máquina de absorción hay que tener en cuenta su COP. Vamos a estimar un valor de 0,7, un valor habitual para este tipo de máquinas.

$$Q_c = \left( Q_{calefacción} + \frac{Q_{refrigeración}}{0,7} \right) * N$$

MES	N	Q <sub>calefacción</sub> (W)	Q <sub>refrigeración</sub> (W)	Q <sub>c</sub> (MJ)
Enero	31	7171,95	-	19209,35
Febrero	28	7310,61	-	17685,83
Marzo	31	6522,82	-	17470,72
Abril	30	5905,21	-	15306,30
Mayo	31	4735,84	-	12684,47
Junio	30	-	3820,07	14145,17
Julio	31	-	5073,00	18784,59
Agosto	31	-	4904,99	18162,48
Septiembre	30	-	2496,58	9244,48
Octubre	31	4517,53	-	12099,75
Noviembre	30	6032,10	-	15635,20
Diciembre	31	7106,05	-	19032,84
TOTAL				189461,18

Tabla 7-9 Carga calorífica climatización

2. Radiación incidente: la obtenemos de la siguiente Tabla 7-2, igual que en el caso anterior.
3. Cálculo del parámetro D<sub>1</sub>:

$$D_1 = \frac{E_a}{Q_c}$$

$$E_a = S * F'_R * (\tau * \alpha) * E_{día} * N$$

$$F'_R * (\tau * \alpha) = F_R * (\tau * \alpha)_n * \left[ \frac{(\tau * \alpha)}{(\tau * \alpha)_n} \right] * \left( \frac{F'_R}{F_R} \right)$$

$E_a$ : energía absorbida (MJ)

$S$ : superficie captación (m<sup>2</sup>)

$E_{\text{día}}$ : energía solar media diaria (kJ/m<sup>2</sup>)

$N$ : número de días del mes

$Q_c$ : carga calorífica (MJ)

$F_R * (\tau * \alpha)_n$ : eficiencia óptima del captador

$(\tau * \alpha) / (\tau * \alpha)_n$ : modificador ángulo de incidencia (normal 0,96)

$F'_R / F_R$ : corrección captador-intercambiador (normal 0,95)

La energía absorbida va a ser la misma que la del agua caliente sanitaria salvo que vamos a multiplicar por el número de placas que es distinto al de ACS.

MES	N	S	Nº Placas	$F'_R * (\tau * \alpha)$	$E_{\text{día}}(\text{kJ/m}^2)$	$E_a(\text{MJ})$
Enero	31	1,9	14	0,72	5400	3206,04
Febrero	28	1,9	14	0,72	7920	4247,15
Marzo	31	1,9	14	0,72	11880	7053,30
Abril	30	1,9	14	0,72	15480	8894,19
Mayo	31	1,9	14	0,72	16560	9831,87
Junio	30	1,9	14	0,72	20160	11583,13
Julio	31	1,9	14	0,72	20880	12396,71
Agosto	31	1,9	14	0,72	17640	10473,08
Septiembre	30	1,9	14	0,72	15480	8894,19
Octubre	31	1,9	14	0,72	9720	5770,88
Noviembre	30	1,9	14	0,72	6120	3516,31
Diciembre	31	1,9	14	0,72	4320	2564,84

Tabla 7-10 Energía absorbida climatización

MES	$Q_c(\text{MJ/mes})$	$E_a(\text{MJ})$	$D_1$
Enero	19209,35	3206,04	0,167
Febrero	17685,83	4247,15	0,240
Marzo	17470,72	7053,30	0,404
Abril	15306,30	8894,19	0,581
Mayo	12684,47	9831,87	0,775
Junio	14145,17	11583,13	0,819
Julio	18784,59	12396,71	0,660
Agosto	18162,48	10473,08	0,577
Septiembre	9244,48	8894,19	0,962
Octubre	12099,75	5770,88	0,477
Noviembre	15635,20	3516,31	0,225
Diciembre	19032,84	2564,84	0,135

Tabla 7-11 Determinación del parámetro  $D_1$  para climatización

#### 4. Cálculo del parámetro D2:

$$D_2 = \frac{E_p}{Q_c}$$

$$E_p = S * F'_R * U * (T_{ref} - T_a) * \Delta t * K_1$$

$$F'_R * U = F_R * U * \left( \frac{F'_R}{F_R} \right)$$

$$K_1 = \left[ \frac{kg \text{ acumulación}}{75 * S} \right]^{-0,25}$$

$$37,5 < \frac{kg \text{ acumulación}}{m^2 \text{ captador}} < 300$$

$E_p$ : energía perdida (MJ)

$S$ : superficie captación ( $m^2$ )

$U$ : factor de pérdidas ( $W/m^2K$ )

$T_{ref}$ : temperatura de referencia (normalmente 100 °C)

$T_a$ : temperatura ambiente (°C)

$Q_c$ : carga calorífica (MJ)

$\Delta t$ : intervalo de tiempo estudiado

$K_1$ : factor de corrección por almacenamiento (consideramos 1 porque no hay sistema de almacenamiento de agua)



Al igual que para la energía absorbida, la energía perdida va a ser la misma que ACS multiplicada por el número de placas.

<i>MES</i>	<i>S</i>	Nº Placas	$F'_R * U$	$T_{ref}$	$T_a$	$\Delta t$	$K_1$	$E_p(MJ)$
<i>Enero</i>	1,9	14	3,73	100	5,6	744	1	25086,32
<i>Febrero</i>	1,9	14	3,73	100	6,1	672	1	22538,60
<i>Marzo</i>	1,9	14	3,73	100	9,2	744	1	24129,70
<i>Abril</i>	1,9	14	3,73	100	11,0	720	1	22888,46
<i>Mayo</i>	1,9	14	3,73	100	14,7	744	1	22668,10
<i>Junio</i>	1,9	14	3,73	100	18,6	720	1	20933,92
<i>Julio</i>	1,9	14	3,73	100	20,8	744	1	21047,04
<i>Agosto</i>	1,9	14	3,73	100	20,9	744	1	21020,44
<i>Septiembre</i>	1,9	14	3,73	100	17,3	720	1	21268,24
<i>Octubre</i>	1,9	14	3,73	100	13,7	744	1	22933,82
<i>Noviembre</i>	1,9	14	3,73	100	8,8	720	1	23454,06
<i>Diciembre</i>	1,9	14	3,73	100	5,6	744	1	25086,32

Tabla 7-12 Energía perdida climatización

<i>MES</i>	$Q_c(MJ/mes)$	$E_p(MJ)$	$D_2$
<i>Enero</i>	19209,35	25086,32	1,306
<i>Febrero</i>	17685,83	22538,60	1,274
<i>Marzo</i>	17470,72	24129,70	1,381
<i>Abril</i>	15306,30	22888,46	1,495
<i>Mayo</i>	12684,47	22668,10	1,787
<i>Junio</i>	14145,17	20933,92	1,480
<i>Julio</i>	18784,59	21047,04	1,120
<i>Agosto</i>	18162,48	21020,44	1,157
<i>Septiembre</i>	9244,48	21268,24	2,301
<i>Octubre</i>	12099,75	22933,82	1,895
<i>Noviembre</i>	15635,20	23454,06	1,500
<i>Diciembre</i>	19032,84	25086,32	1,318

Tabla 7-13 Determinación del parámetro D2 para climatización

5. Determinación de f:

$$f = 1,029 * D_1 - 0,065 * D_2 - 0,245 * D_1^2 + 0,0018 * D_2^2 + 0,0215 * D_1^3$$

$$Q_u = f * Q_c$$

MES	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	f	Q <sub>c</sub> (MJ/mes)	Q <sub>u</sub> (MJ/mes)
Enero	0,167	1,306	0,083	19209,35	1594,38
Febrero	0,240	1,274	0,153	17685,83	2705,93
Marzo	0,404	1,381	0,291	17470,72	5083,98
Abril	0,581	1,495	0,426	15306,30	6520,48
Mayo	0,775	1,787	0,550	12684,47	6976,46
Junio	0,819	1,480	0,598	14145,17	8458,81
Julio	0,660	1,120	0,508	18784,59	9542,57
Agosto	0,577	1,157	0,444	18162,48	8064,14
Septiembre	0,962	2,301	0,642	9244,48	5934,96
Octubre	0,477	1,895	0,321	12099,75	3884,02
Noviembre	0,225	1,500	0,126	15635,20	1970,04
Diciembre	0,135	1,318	0,052	19032,84	989,71

Tabla 7-14 Fracción solar aportada por la instalación

6. Cobertura solar mensual:

$$\text{Aporte solar mensual} = \frac{Q_u}{Q_c} = f$$

MES	Q <sub>c</sub> (MJ/mes)	Q <sub>u</sub> (MJ/mes)	Aporte solar mensual (%)
Enero	19209,35	1594,38	8,3%
Febrero	17685,83	2705,93	15,3%
Marzo	17470,72	5083,98	29,1%
Abril	15306,30	6520,48	42,6%
Mayo	12684,47	6976,46	55,0%
Junio	14145,17	8458,81	59,8%
Julio	18784,59	9542,57	50,8%
Agosto	18162,48	8064,14	44,4%
Septiembre	9244,48	5934,96	64,2%
Octubre	12099,75	3884,02	32,1%
Noviembre	15635,20	1970,04	12,6%
Diciembre	19032,84	989,71	5,2%

Tabla 7-15 Aporte solar mensual

7. Cobertura solar anual:

$$\text{Aporte solar anual} = \frac{\sum_{m=1}^{12} Q_{u_m}}{\sum_{m=1}^{12} Q_{c_m}}$$

$$\sum_{m=1}^{12} Q_{u_m} = 61725,47 \text{ MJ}$$

$$\sum_{m=1}^{12} Q_{c_m} = 189461,18 \text{ MJ}$$

$$Aporte \text{ solar anual} = 32,5 \%$$

Observamos que con la estimación de 14 placas se alcanza un rendimiento mayor al 30%. Además en ninguno de los meses se sobrepasa el 110 % ni se excede en más del 100% tres meses seguidos.

Por lo tanto, concluimos que el número de colectores para calefacción va a ser catorce y que la fracción de energía aportada por la instalación será del 32,5 %.

### 7.3. DIMENSIONADO ACS Y CLIMATIZACIÓN

Teniendo en cuenta los dos sistemas, el aporte solar total es el siguiente:

$$Q_{um,total} = 4439,16 + 61725,47 = 66164,73 \text{ MJ}$$

$$Q_{uc,total} = 11056,52 + 189461,18 = 200517,7 \text{ MJ}$$

$$Aporte \text{ solar} = 33\%$$

Vamos a emplear un total de 15 captadores solares que van a cubrir un 33% de nuestra demanda energética anual total.

## 8. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

---

### 8.1. AGUA CALIENTE SANITARIA

La instalación para agua caliente sanitaria está formada por un único colector solar térmico situado en la zona sur de la cubierta.

Por el interior del colector circula el fluido caloportador que se encarga de calentar el agua del depósito de acumulación y esto es posible gracias a un intercambiador de calor que se encuentra dentro del depósito.

El agua que proviene de la red entra fría al depósito y gracias a la energía captada y al intercambiador de calor es calentada hasta los 60 °C requeridos para poder ser distribuida a la vivienda. Primero pasara por el sistema auxiliar, en nuestro caso una caldera de gas natural, para regular la temperatura en caso que sea necesario.

### 8.2. CALEFACCIÓN

Teniendo en cuenta todos los datos anteriores, vamos a seleccionar el suelo radiante como sistema de calefacción de nuestra vivienda ya que éste es el más adecuado. Este sistema va a estar alimentado por 14 colectores solares que calentarán el fluido caloportador que suministrará la energía al intercambiador de calor.

El suelo radiante consiste en un sistema de tuberías que pasa por el suelo de la vivienda y que transporta el agua caliente. Se trata de un proceso de convección natural.

La temperatura de impulsión es de unos 30-40 °C, mucho más baja que para otros sistemas como los radiadores o fancoils.

Además, con el suelo radiante obtenemos una distribución de temperaturas óptima, consiguiendo mayor temperatura a poca distancia del suelo y menor temperatura cuando nos acercamos al techo, logrando alcanzar el máximo confort humano.

### 8.3. REFRIGERACIÓN

Para la climatización en los meses de verano, vamos a hacer uso de una máquina de absorción. De esta forma podremos refrigerar la vivienda haciendo uso de los colectores solares.

La máquina de absorción funciona igual que un ciclo de compresión pero en vez de realizar la diferencia de presiones con compresor mecánica lo realiza con uno térmico, es decir, cediendo calor a una mezcla del refrigerante y otra sustancia con capacidad de absorberlo, generalmente bromuro de litio.

El fluido refrigerado se distribuye a una red de fancoils para la refrigeración de las habitaciones.

## 8.4. SISTEMA AUXILIAR

Toda instalación de energía solar debe contar con un sistema auxiliar de energía para así asegurar que se satisface la demanda térmica, garantizando el suministro de agua caliente y climatización en casos de radiación reducida o aumento de la demanda.

Este sistema está diseñado para poder cubrir todo el servicio ante cualquier condición adversa. Solo entra en funcionamiento cuando la instalación solar no cumpla con las necesidades.

## 9. IMPACTO AMBIENTAL

La energía solar es una fuente que no contamina el medio ambiente, es una fuente limpia. El uso de esta energía reduce las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, principalmente de CO<sub>2</sub>, y evita el agotamiento de los combustibles fósiles.

Para calcular el ahorro de CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera, vamos a estudiar el impacto ambiental para ACS y el impacto ambiental para climatización. Para ello haremos una comparación entre la demanda total y la demanda cubierta por la instalación solar.

### 9.1. IMPACTO AMBIENTAL PARA ACS

<b>MES</b>	<b>Q<sub>ACS</sub> (MJ/mes)</b>	<b>Potencia cubierta instalación solar (MJ)</b>	<b>Potencia cubierta por la caldera (MJ)</b>
<i>Enero</i>	1030,16	123,62	906,54
<i>Febrero</i>	912,91	200,84	712,07
<i>Marzo</i>	991,29	366,78	624,51
<i>Abril</i>	940,50	470,25	470,25
<i>Mayo</i>	932,98	513,14	419,84
<i>Junio</i>	846,45	592,52	253,94
<i>Julio</i>	835,79	626,84	208,95
<i>Agosto</i>	835,79	543,26	292,53
<i>Septiembre</i>	827,64	463,48	364,16
<i>Octubre</i>	913,54	292,33	621,21
<i>Noviembre</i>	959,31	153,49	805,82
<i>Diciembre</i>	1030,16	92,71	937,45
<b>TOTAL</b>	<b>11056,52</b>	<b>4439,26</b>	<b>6617,26</b>

Tabla 9-1 Relación de potencias para ACS

Ahora vamos a calcular la cantidad de CO<sub>2</sub> que estamos evitando que se emitan a la atmósfera y para ello vamos a emplear el factor de emisión de CO<sub>2</sub> para gas natural que es uno de los combustibles fósiles más usados a día de hoy.

<b>Emisión de CO<sub>2</sub> en la combustión (Kg/GJ)</b>				
<b>lignito</b>	<b>antracita</b>	<b>fuel-oil</b>	<b>gasóleo</b>	<b>gas-natural</b>
100	90	79	70	58

Tabla 9-2 Emisiones de CO<sub>2</sub> en la combustión

Para saber la potencia que va a ser cubierta por la caldera tenemos que tener en cuenta su rendimiento que lo vamos a estimar en un 90%.

$$Potencia\ requerida\ caldera = \frac{Potencia\ demandada}{0,9}$$

$$Emisiones\ CO_2 = Potencia\ requerida\ caldera * 0,058$$

$$Emisiones\ CO_2\ sin\ sistema\ solar = 712,53\ kg\ CO_2$$

$$Emisiones\ CO_2\ con\ sistema\ solar = 426,45\ kg\ CO_2$$

$$Ahorro\ anual\ de\ CO_2 = 286,08\ kg/año$$

$$Reducción\ de\ emisiones\ de\ CO_2 = 0,4$$

A partir de los datos que se han obtenido, concluimos que se han reducido las emisiones gracias a la instalación solar de ACS en un 40 %.

## 9.2. IMPACTO AMBIENTAL PARA CLIMATIZACIÓN

MES	Q <sub>c</sub> (MJ)	Potencia cubierta instalación solar (MJ)	Potencia cubierta por la caldera (MJ)
Enero	19209,35	1594,38	17614,97
Febrero	17685,83	2705,93	14979,90
Marzo	17470,72	5083,98	12386,74
Abril	15306,30	6520,48	8785,82
Mayo	12684,47	6976,46	5708,01
Junio	14145,17	8458,81	5686,36
Julio	18784,59	9542,57	9242,02
Agosto	18162,48	8064,14	10098,34
Septiembre	9244,48	5934,96	3309,52
Octubre	12099,75	3884,02	8215,73
Noviembre	15635,20	1970,04	13665,16
Diciembre	19032,84	989,71	18043,13
TOTAL	189461,18	61725,47	127735,71

Tabla 9-3 Relación de potencias para climatización

Al igual que para el ACS, para climatización las emisiones de CO<sub>2</sub> por la caldera son de 58 kg/GJ, y el rendimiento de la misma es del 90%.

$$Potencia\ requerida\ caldera = \frac{Potencia\ demandada}{0,9}$$

$$Emisiones\ CO_2 = Potencia\ requerida\ caldera * 0,058$$

$$Emisiones\ CO_2\ sin\ sistema\ solar = 12209,72\ kg\ CO_2$$

$$Emisiones\ CO_2\ con\ sistema\ solar = 8231,86\ kg\ CO_2$$

$$Ahorro\ anual\ de\ CO_2 = 3977,86\ kg/año$$

$$Reducción\ de\ emisiones\ de\ CO_2 = 0,34$$

A partir de los datos que se han obtenido, concluimos que se han reducido las emisiones gracias a la instalación solar de climatización en un 34 %.

El ahorro total de las emisiones de CO<sub>2</sub> tanto para ACS como para climatización es el siguiente:

$$Ahorro\ anual\ de\ CO_2 = 3977,86 + 286,08 = 4263,94\ kg/año$$



## 10. ANÁLISIS ECONÓMICO

Es importante realizar el estudio económico de un proyecto para poder decidir si es viable económicamente. Tenemos que tener en cuenta una serie de parámetros para poder calcular si nuestra instalación solar es más rentable que una instalación convencional de gas natural o gasoil.

Vamos a realizar una comparativa para los distintos casos, el de la instalación solar y el de una caldera de gas natural.

Ambas instalaciones cuentan con los siguientes componentes: una caldera y una máquina de absorción necesaria para la refrigeración de la vivienda, por lo tanto esta parte de la instalación va a tener el mismo coste en ambos sistemas. Sin embargo, la instalación solar cuenta con componentes adicionales que son el captador solar térmico y el acumulador de agua para ACS.

Teniendo en cuenta únicamente esos componentes, concluimos que la instalación solar va a significar una mayor inversión inicial, concretamente de 11.158,62 €.

En la siguiente tabla se muestran los productos empleados con su respectiva lista de precios:

<b>Producto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio/Unidad (€)</b>	<b>Precio (€)</b>
<i>Captador solar térmico T20US</i>	15	580,00	8.700
<i>Acumulador Lapesa Geiser Inoxidable GXS D90 150L</i>	1	522,00	522,00
<b>SUMA</b>			<b>9.222 €</b>
<b>21 % IVA</b>			<b>1.936,62 €</b>
<b>TOTAL</b>			<b>11.158,62 €</b>

**Tabla 10-1 Presupuesto instalación solar**

Sin embargo, tenemos que tener en cuenta el ahorro de gas natural al emplear la energía solar que reciben los captadores.

Para ello, vamos a estudiar el coste de gas natural para el sistema solar y para la instalación convencional. Calculamos ACS y climatización por separado teniendo en cuenta que el rendimiento de la caldera va a ser del 90 % y el de la máquina de absorción del 70 %.

- AHORRO ECONÓMICO ACS

MES	Q <sub>ACS</sub> (MJ/mes)	η <sub>caldera</sub>	Potencia cubierta instalación solar (MJ)	Potencia cubierta por la caldera (MJ)
Enero	1030,16	0,9	123,62	906,54
Febrero	912,91	0,9	200,84	712,07
Marzo	991,29	0,9	366,78	624,51
Abril	940,50	0,9	470,25	470,25
Mayo	932,98	0,9	513,14	419,84
Junio	846,45	0,9	592,52	253,94
Julio	835,79	0,9	626,84	208,95
Agosto	835,79	0,9	543,26	292,53
Septiembre	827,64	0,9	463,48	364,16
Octubre	913,54	0,9	292,33	621,21
Noviembre	959,31	0,9	153,49	805,82
Diciembre	1030,16	0,9	92,71	937,45
TOTAL	11056,52	0,9	4439,26	6617,26

Tabla 10-2 Potencia cubierta instalación solar para ACS

El precio del gas natural por kWh nos lo proporciona el BOE:

	Tarifa	
	Fijo (€/cliente)/mes	Variable cent/kWh
TUR.1 Consumo inferior o igual a 5.000 kWh/año	4,28	5,162097
TUR.2 Consumo superior a 5.000 kWh/año e inferior o igual a 50.000 kWh/año.	8,44	4,474697

Tabla 10-3 Tarifas kWh gas natural

Una vez que ya tenemos la energía necesaria al mes, la potencia cubierta por la caldera y el precio del gas natural, podemos calcular cual es el ahorro energético.

Primero vamos a pasar los MJ a kWh para trabajar con los datos en las mismas unidades:

$$11056,52 \text{ MJ} * \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \text{ MJ}} = 3071,25 \text{ kWh/año}$$

$$6617,26 \text{ MJ} * \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \text{ MJ}} = 1838,13 \text{ kWh/año}$$

Puesto que el consumo anual es menor a 5000 kWh, escogemos el primer caso y el ahorro energético de ACS será el siguiente:

$$\text{Coste anual} = \frac{3071,25 \text{ kWh/año}}{0,9} * 5,162097 \frac{\text{cent}}{\text{kWh}} * \frac{1\text{€}}{100\text{cent}} = 176,16 \text{ €/año}$$

$$\text{Coste caldera} = \frac{1838,13 \text{ kWh/año}}{0,9} * 5,162097 \frac{\text{cent}}{\text{kWh}} * \frac{1\text{€}}{100\text{cent}} = 105,43 \text{ €/año}$$

$$Ahorro = 176,16 - 105,43 = 70,73 \text{ €/año}$$

- AHORRO ECONÓMICO CLIMATIZACIÓN**

<b>MES</b>	<b>Q<sub>c</sub> (MJ)</b>	<b>η<sub>caldera</sub></b>	<b>COP<sub>absorción</sub></b>	<b>Potencia cubierta instalación solar (MJ)</b>	<b>Potencia cubierta por la caldera (MJ)</b>
<i>Enero</i>	19209,35	0,9	-	1594,38	17614,97
<i>Febrero</i>	17685,83	0,9	-	2705,93	14979,90
<i>Marzo</i>	17470,72	0,9	-	5083,98	12386,74
<i>Abril</i>	15306,30	0,9	-	6520,48	8785,82
<i>Mayo</i>	12684,47	0,9	-	6976,46	5708,01
<i>Junio</i>	14145,17	0,9	0,7	8458,81	5686,36
<i>Julio</i>	18784,59	0,9	0,7	9542,57	9242,02
<i>Agosto</i>	18162,48	0,9	0,7	8064,14	10098,34
<i>Septiembre</i>	9244,48	0,9	0,7	5934,96	3309,52
<i>Octubre</i>	12099,75	0,9	-	3884,02	8215,73
<i>Noviembre</i>	15635,20	0,9	-	1970,04	13665,16
<i>Diciembre</i>	19032,84	0,9	-	989,71	18043,13
<b>TOTAL</b>	<b>189461,18</b>			<b>61725,47</b>	<b>127735,71</b>

**Tabla 10-4 Potencia cubierta instalación solar para climatización**

El COP de la máquina de absorción solo lo incluimos en los meses de verano ya que es cuando está funcionando. Por lo tanto, la energía total necesaria y la potencia cubierta por la caldera, ya modificadas con los rendimientos, son las siguientes:

<b>MES</b>	<b>Q<sub>c</sub> (MJ)</b>	<b>Potencia cubierta por la caldera (MJ)</b>
<i>Enero</i>	21343,72	19572,19
<i>Febrero</i>	19650,92	16644,33
<i>Marzo</i>	19411,91	13763,04
<i>Abril</i>	17007,00	9762,02
<i>Mayo</i>	14093,86	6342,24
<i>Junio</i>	22452,65	9025,97
<i>Julio</i>	29816,81	14669,87
<i>Agosto</i>	28829,33	16029,11
<i>Septiembre</i>	14673,78	5253,21
<i>Octubre</i>	13444,17	9128,59
<i>Noviembre</i>	17372,44	15183,51
<i>Diciembre</i>	21147,60	20047,92
<b>TOTAL</b>	<b>239244,19</b>	<b>155422,01</b>

**Tabla 10-5 Potencia cubierta por la caldera**

Primero vamos a pasar los MJ a kWh para trabajar con los datos en las mismas unidades:

$$239244,19 \text{ MJ} * \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \text{ MJ}} = 66456,72 \text{ kWh/año}$$

$$155422,01 \text{ MJ} * \frac{1 \text{ kWh}}{3,6 \text{ MJ}} = 43172,78 \text{ kWh/año}$$

El precio del gas natural por kWh nos lo proporciona el BOE en la Tabla 10-3 de la página anterior. Puesto que el consumo anual es mayor a 5000 kWh, escogemos el segundo caso y el ahorro energético de ACS será el siguiente:

Una vez que ya tenemos la energía necesaria al mes y la potencia cubierta por la caldera y el precio del gas natural, podemos calcular cual es el ahorro energético.

$$\text{Coste anual} = 66456,72 \text{ kWh/año} * 4,474697 \frac{\text{cent}}{\text{kWh}} * \frac{1\text{€}}{100\text{cent}} = 2.973,74 \text{ €/año}$$

$$\text{Coste caldera} = 43172,78 \text{ kWh/año} * 4,474697 \frac{\text{cent}}{\text{kWh}} * \frac{1\text{€}}{100\text{cent}} = 1.931,85 \text{ €/año}$$

$$\text{Ahorro} = 2.973,74 - 1.931,85 = 1.041,89 \text{ €/año}$$

$$\text{Ahorro total (ACS + Climatización)} = 1.041,89 + 70,73 = 1.112,62 \text{ €/año}$$

Sabiendo cual es el ahorro gracias a la disminución del uso de gas natural, podemos decir, que a la larga la instalación solar va a ser rentable ya que en escasos 10 años ya habremos amortizado la instalación y cubierto los gastos iniciales.

## 11. CONCLUSIONES

---

La energía solar es una fuente que nos proporciona la naturaleza y que no perjudica el entorno en el que vivimos. Gracias a su uso, reducimos las emisiones de CO<sub>2</sub> y nos sirve de alternativa a los combustibles fósiles que se están agotando y como consecuencia están subiendo de precio. Es un tipo de tecnología que hay que seguir desarrollando ya que hay que satisfacer la demanda energética que cada vez es mayor.

Después del estudio realizado a lo largo de toda la memoria, hemos conseguido dimensionar una instalación solar térmica que cubre un 40,2 % del agua caliente sanitaria demandada cumpliendo con la normativa del CTE que exige para Estella que un mínimo del 30 % de la demanda sea cubierta con energía solar.

Para la instalación de climatización, los colectores solares son capaces de cubrir un 32,5 % de la demanda.

Además, observando los resultados del impacto ambiental, vemos como gracias a la instalación solar, logramos reducir la emisión de más de 4 toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

En relación al análisis económico, podemos decir que a priori se trata de una instalación cara que se amortizará en aproximadamente 10 años. Parece un periodo elevado pero teniendo en cuenta que la vida útil de las instalaciones solares térmicas es de unos 25 años, con el paso del tiempo se obtendrán grandes beneficios.

El tema económico suele ser uno de los grandes inconvenientes de las instalaciones de energías renovables ya que precisan de un elevado coste de inversión como se ha comentado anteriormente.

Para poder aumentar el rendimiento y disminuir el coste del proyecto, el uso de una caldera de biomasa en vez de gas natural, sería una de las propuestas. Con esta caldera, se ahorraría combustible y por consiguiente, disminuirían las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## BIBLIOGRAFÍA

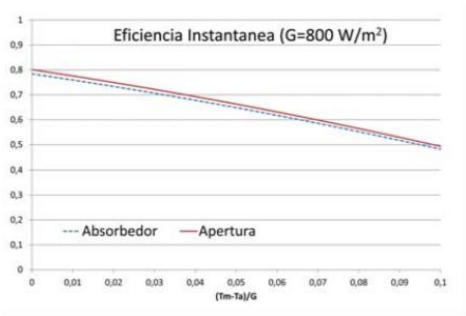
---

1. Código Técnico de la Edificación (CTE).
2. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).
3. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).
4. Apuntes de Energías Renovables. Antonio Soria Verdugo (Dpto. de Ingeniería Térmica y de Fluidos, Universidad Carlos III de Madrid).
5. Apuntes de Instalaciones Térmicas. Raquel Lizarte Mayo (Dpto. de Ingeniería Térmica y de Fluidos, Universidad Carlos III de Madrid).
6. <https://www.foronuclear.org/es/>
7. <https://twenergy.com/energia>
8. <http://www.ekidom.com/funcionamiento-de-la-energia-solar-termica>
9. <https://remicaserviciosenergeticos.es/blog/energia-termica-en-espana/>
10. <http://meteo.navarra.es/climatologia/>
11. <http://ecovenplus.com/ecoven-plus-s70/>
12. <http://www.censolar.org/>
13. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2018-4437>
14. <http://www.mincotur.gob.es/energia/gas/Gas/Paginas/gasnatural.aspx>
15. <http://www.termicol.es/captadores-solares/productos>
16. <http://lapesa.es/es/agua-caliente-sanitaria/geiser-inox.html>
17. [http://www.caib.es/conselleries/industria/dgener/user/portalenergia/pla\\_eficiencia\\_energetica/climatitzacio\\_2.es.html](http://www.caib.es/conselleries/industria/dgener/user/portalenergia/pla_eficiencia_energetica/climatitzacio_2.es.html)
18. <https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>
19. <http://diccionario.raing.es/es/>
20. [https://alojamientos.uva.es/guia\\_docente/uploads/2013/455/42623/1/Documento6.pdf](https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/455/42623/1/Documento6.pdf)

ANEXOS

ANEXO A. CARACTERÍSTICAS CAPTADOR SOLAR PLANO

Cap. Solar Plano T20US



Datos energéticos

Norma de ensayo EN -12975

Referida al área de apertura y T <sub>m</sub>	
Factor óptico (h <sub>0</sub> )	0,801
Factor lineal pérdidas (a <sub>01</sub> ) W/m²K	3,93
Factor cuadrático pérdidas (a <sub>02</sub> ) W/m²K²	0,026
Referida al área del absorbedor y T <sub>m</sub>	
Factor óptico (h <sub>0</sub> )	0,784
Factor lineal pérdidas (a <sub>01</sub> ) W/m²K	3,84
Factor cuadrático pérdidas (a <sub>02</sub> ) W/m²K²	0,002


Dimensiones

Dimensiones externas	
Largo (mm)	2130
Ancho (mm)	970
Fondo (mm)	83
Área del bruta(m²)	2,0
Área neta (m²)	1,9

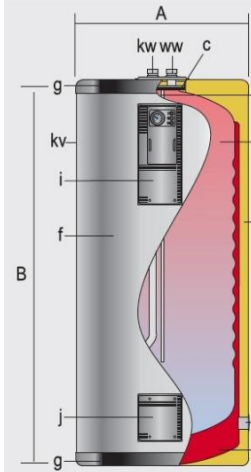
Dimensiones absorbedor	
Largo (mm)	2057
Ancho (mm)	925
Área del absorbedor (m2)	1,9

ANEXO B. CARACTERÍSTICAS ACUMULADOR SOLAR

Acumulador Lapesa Geiser Inox GX6 D90



Medidas para el modelo de 800L.  
Para más medidas, consultar el catálogo.



- c- Boca de inspección
- d- Depósito A.C.S.
- e- Cámara de calentamiento
- f- Forro externo
- g- Cubierta
- h- Aislamiento térmico
- i- Panel de control
- j- Boca lateral auxiliar
- m- Tapas laterales
- p- Pies niveladores
- r- Resistencia eléctrica
- s- Sonda sensores
- t- Termómetro
- tt- Termostato

**Mod. GX-...-D**  
Depósitos de doble pared con panel de control incorporado, y opción de calentamiento eléctrico.

DATOS TÉCNICOS

60L - 200L      300L - 1000L

Acero inoxidable con intercambiador	60L	100L	150L	200L
Volumen ACS [l]	58	90	143	193
Presión máx. primario [bar]	3	3	3	3
Temp. máx. primario [°C]	110	110	110	110
Presión máx. secundario [bar]	8	8	8	8
Temp. máx. secundario [°C]	90	90	90	90